il TIMER 555

FUNZIONAMENTO APPLICAZIONI ED ESPERIMENTI

EDIZIONE ITALIANA

HOWARD M. BERLIN

JACKSON ITALIANA EDITRICE

+Vcc
8
RA
Q2
4
RE
5K
UPPER COMP
6
2/3 Vcc
5
CONTROL F/F
5K
LOWER COMP
TRIGGER INPUT
2
1/3 Vcc
7
+
0
Q1
3
OU
C
POWER OUTPUT
5K
1

il TIMER 555

FUNZIONAMENTO APPLICAZIONI ED ESPERIMENTI

di

Howard M. Berlin

Edgewood Arsenal
Aberdeen Proving Ground, Maryland 21010
e
College of Engineering
University of Delaware
Newark, Delaware 19711

Versione italiana

MIPRO S.r.l.
Via Carducci, 15 - 20123 Milano

JACKSON
ITALIANA
EDITRICE
Piazzale Massarı, 22
20125 Milano

INDICE

PREFAZIONE

Poco dopo il 1970 fu sviluppato un nuovo e rivoluzionario tipo di circuito integrato lineare: il temporizzatore (timer) 555, o come è stato chiamato "La macchina del tempo a circuito integrato", che mette a disposizione dei progettisti circuitali e degli appassionati di elettronica un componente economico, sicuro e facile da usare in applicazioni sia monostatili che astabili.
Fin dal momento in cui questo dispositivo fu disponibile commercialmente, sono stati presentati in molte pubblicazioni commerciali, professionali e hobbystiche una miriade di circuiti nuovi ed unici.

Questo libro parla del temporizzatore 555. Esso vi mostrerà, senza che dobbiate diventare dei tecnici elettronici, che cosa è il temporizzatore 555 e come utilizzarlo da solo o con altri dispositivi a stato solido. È stato scritto principalmente per soddisfare le molte richieste di colleghi che entravano frequentemente nel mio ufficio chiedendomi: "Scusa, hai un circuito con il 555 che faccia ...?. Questo succedeva perchè avevo un raccoglitore pieno di tali circuiti, alto due o tre dita. Oltre a questo, essendo il libro una fonte di molti circuiti e tecniche in uso, forse vi incoraggierà a scoprire altre interessanti applicazioni per il 555.

Nel capitolo 1 vengono analizzate la struttura e le caratteristiche elettriche del temporizzatore. Sebbene l'interno del temporizzatore 555 sia costituito da un gran numero di transistori, resistenze e diodi, esamineremo tale struttura nel modo più semplice possibile.

Nel capitolo 2 inizieremo ad apprendere come realizzare con questo dispositivo un monostabile o generatore di singolo impulso.

Il capitolo 3 descrive un generatore di onda quadra ottenuto da un multivibratore astabile ad oscillazione libera senza l'ausilio di cristalli costosi.

Il capitolo 4, illustra l'uso del temporizzatore 555 in circuiti di alimentazione con regolazione di tensione positiva e negativa o convertitori cc-cc e regolatori a commutazione (switching).

Nel capitolo 5, sono descritti molti circuiti utili e nuovi per la misura e il controllo di parametri elettrici.

I quattro capitoli successivi sono rivolti ad applicazioni specifiche quali: giochi elettronici, telefono, musica, apparecchi elettronici per auto e poi ancora circuiti per casa, fotografia, radio amatori e CB.

Il capitolo 10 infine vi permetterà di acquisire una conoscenza pratica di base sul temporizzatore 555. In questo sono presentati 17 semplici esperimenti, approntabili in pochi minuti, progettati per mostrare le molte caratteristiche e applicazioni del timer.

Benchè voi possiate già avere molti dei componenti necessari per realizzare gli esperimenti qui illustrati, vi viene messo a disposizione, un kit di componenti per esperimenti tramite la E & L Instruments, Inc. (per l'Italia Microlem S.p.A.)

Mentre leggerete questo libro vi convicerete che il temporizzatore 555 è versatile quasi quanto un amplificatore operazionale. Il libro presenta circa 100 circuiti fra pubblicati e inediti, completi di grafici e tabelle, la maggior parte dei quali è stata costruita e collaudata.

Vorrei per prima cosa ringraziare, per l'assistenza fornitami, Phelps Kirkman e Bauer Curtis dell'Edgewood Arsenal. Ringrazio inoltre gli autori dei popolari Bugbook David G. Larsen, Peter R. Rony e Jonathan A. Titus, per il loro incoraggiamento e aiuto. Sono inoltre riconoscente a Ms. Nancy Hotter, scrittrice tecnica della Edgewood Arsenal, per l'attenta revisione del manoscritto.

Sono inoltre in debito verso gli editori di molte riviste commerciali e hobbystiche per avermi permesso di riprodurre molte delle figure riportate in questo libro. Ma più di tutti voglio ringraziare mia moglie Judy per la pazienza e comprensione che mi ha mostrato mentre passavo molte lunghe notti e fine settimana nella preparazione di questo libro.

Ottobre 1978 *Howard M. Berlin*

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE AL TEMPORIZZATORE 555

Prima che si possano apprezzare completamente le varie applicazioni in cui può essere utilizzato il temporizzatore 555 presentato in questo libro, dovremmo analizzarne la struttura interna per capirne la logica di funzionamento.

Il temporizzatore a circuito integrato 555 è un circuito temporizzatore monolitico che può essere contenuto sia in un contenitore a 8-piedini circolare tipo TO-99 sia in un mini-DIP a 8-piedini che in un DIP a 14 piedini, (fig. 1-1). Sebbene la Signetics Corporation sia stata la prima ad introdurre questo dispositivo con la sigla SE 555/NE 555,

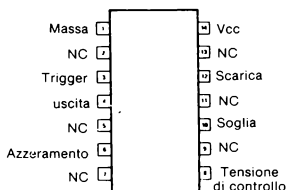



Figura 1-1

altri costruttori hanno poi prodotto e venduto le loro versioni (in tabella 1-1 è presentato un riassunto della situazione attuale).
Recentemente, molti fabbricanti hanno realizzato due temporizzatori 555 indipendenti in un unico DIP a 14 piedini, cui è stata data la sigla 556, temporizzatore doppio, mostrato in fig. 1-2. La Teledyne, unica eccezione, chiama il doppio-555 con il nome D 555.

Tabella 1-1

Costruttore	*Sigla*
Exar	XR-555
Fairchild	NE555
Intersil	SE555/NE555
Lithic Systems	LC555
Motorola	MC14555/MC1555
National	LM555/LM555C
Raytheon	RM555/RC555
RCA	CA555/CA555C
Texas Instruments	SN52555/SN72555

Come si può vedere dalla tabella sopra riportata, la maggior parte dei costruttori costruisce due tipi di temporizzatori 555. In questo caso, il primo numero corrisponde al tipo preferito per applicazioni militari con migliori prestazioni nelle caratteristiche elettriche e tecniche rispetto alla corrispondente versione commerciale. Questa situazione è analoga a quella che si verifica per la serie 5400 e 7400 nei circuiti integrati TTL.

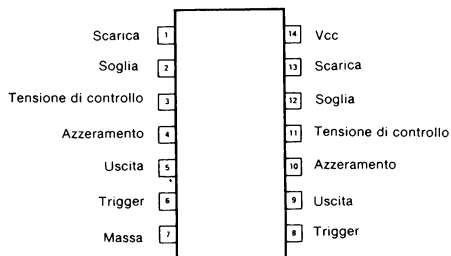



Figura 1-2

La parte interna del temporizzatore 555 è equivalente a 20 transistori, 15 resistenze e due diodi, con piccole variazioni dipendenti dai diversi costruttori.
Il circuito equivalente del temporizzatore 555 costruito dalla Signetics è illustrato in fig. 1-3, e per confronto, i dispositivi costruiti da RCA, National Semiconductor e Exar sono riportati rispettivamente nelle figg. 1-4, 1-5 e 1-6. In ogni caso, ciascuno di questi circuiti equivalenti può essere schematizzato con lo schema a blocchi di fig. 1-7, dove sono evidenziate le funzioni di controllo, sincronismo di soglia (o confronto), scarica e segnale d'uscita. **Nei capitoli 2 e 3 saranno spiegate le funzioni di ciascuno stadio in relazione alla configurazione di lavoro, monostabile o astabile.**

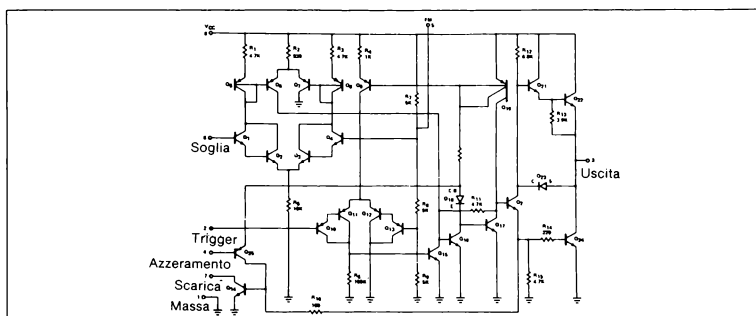



Figura 1-3. Circuito equivalente del timer 555 - Signetics - (Per gentile concessione della Signetics, Sunnyvale, CA)

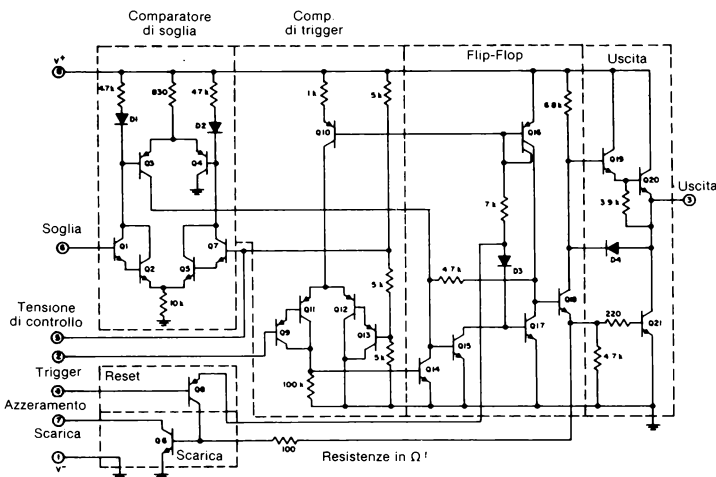



Figura 1-4. Circuito equivalente del timer 555 - RCS. (Per gentile concessione della RCA, Somerville, NJ)

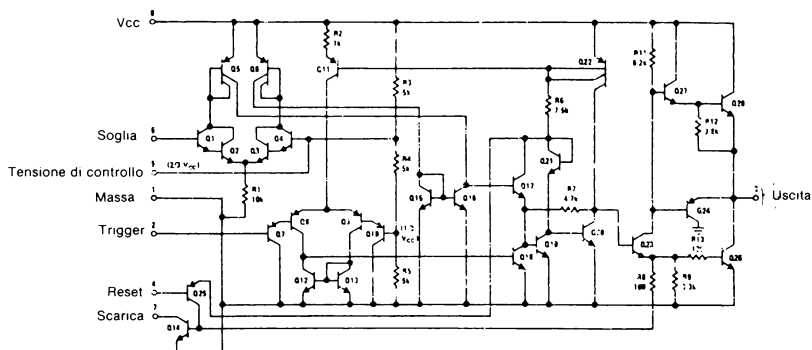



Figura 1-5. Circuito equivalente del timer 555 - National Semiconductor. (Per gentile concessione della National Semiconductor, Santa Clara, CA)

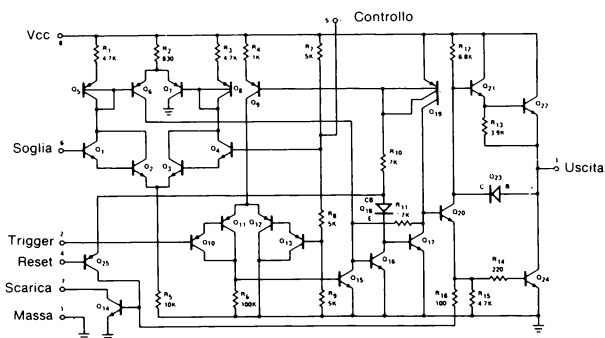



Figura 1-6. Circuito equivalente del timer 555 - Exar. (Per gentile concessione della Exar Integrated Systems, Sunnyvale, CA).

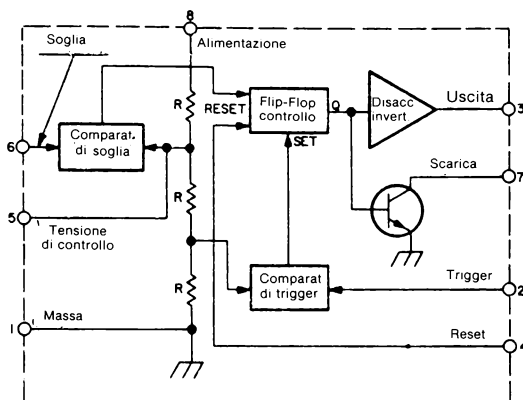



Figura 1-7

La tabella 1-2 riporta le caratteristiche elettriche tipiche del temporizzatore 555, comuni a tutti i tipi elencati in tabella 1-1.
La fig. 1-8 mostra le curve caratteristiche standard.
Dovremo notare che il temporizzatore 555 possiede un elevato grado di precisione e stabilità.
Inizialmente la precisione delle temporizzazioni del monostabile è tipicamente contenuta entro 1% del valore calcolato, e mostra uno spostamento trascurabile (0,1%/V) in funzione della tensione di alimentazione. Perciò le variazioni lente di alimentazione possono essere ignorate ed inoltre la variazione dovuta a temperatura è solamente 50 ppm/^{0}C (0,005%/^{0}C).
Nei capitoli seguenti, se non diversamente detto, i circuiti presentati saranno riferiti in ogni caso al temporizzatore 555 a 8-piedini. Per quei circuiti che usano due o più temporizzatori può essere usata la versione doppia 556.

Tabella 1-2

CIRCUITO INTEGRATO LINEARE 555

Caratteristiche elettriche (${T_A}$ = 25°C, V_{CC} = +5V to +15 unless otherwise specified)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE 555			NE 555			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		15	V
Supply Current	V_{CC} = 5V R_L = ∞		3	5		3	6	mA
	V_{CC} = 15V R_L = ∞		10	12		10	15	mA
	Low State, Note 1							
Timing Error	R_A, R_B = 1KΩ to 100KΩ							
Initial Accuracy	C = 0.1 µF Note 2		0.5	2		1		%
Drift with Temperature			30	100		50		ppm/°C
Drift with Supply Voltage			0.005	0.02		0.01		%/Volt
Threshold Voltage			2/3			2/3		X V_{CC}
Trigger Voltage	V_{CC} = 15V	4.8	5	5.2		5		V
	V_{CC} = 5V	1.45	1.67	1.9		1.67		V
Trigger Current			0.5			0.5		µA
Reset Voltage		0.4	0.7	1.0	0.4	0.7	1.0	V
Reset Current			0.1			0.1		mA
Threshold Current	Note 3		0.1	.25		0.1	.25	µA
Control Voltage Level	V_{CC} = 15V	9.6	10	10.4	9.0	10	11	V
	V_{CC} = 5V	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	V
Output Voltage Drop (low)	V_{CC} = 15V							
	I_{SINK} = 10mA		0.1	0.15		0.1	.25	V
	I_{SINK} = 50mA		0.4	0.5		0.4	.75	V
	I_{SINK} = 100mA		2.0	2.2		2.0	2.5	V
	I_{SINK} = 200mA		2.5			2.5		
	V_{CC} = 5V							
	I_{SINK} = 8mA		0.1	0.25				V
	I_{SINK} = 5mA					.25	.35	
Output Voltage Drop (high)								
	I_{SOURCE} = 200mA		12.5			12.5		
	V_{CC} = 15V							
	I_{SOURCE} = 100mA							
	V_{CC} = 15V	13.0	13.3		12.75	13.3		V
	V_{CC} = 5V	3.0	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100			100		nsec
Fall Time of Output			100			100		nsec

NOTES:

1. Supply Current when output high typically 1mA less.
2. Tested at V_{CC} = 5V and V_{CC} = 15V
3. This will determine the maximum value of R_A + R_B. For 15V operation, the max total R = 20 megohm.

Caratteristiche tipiche

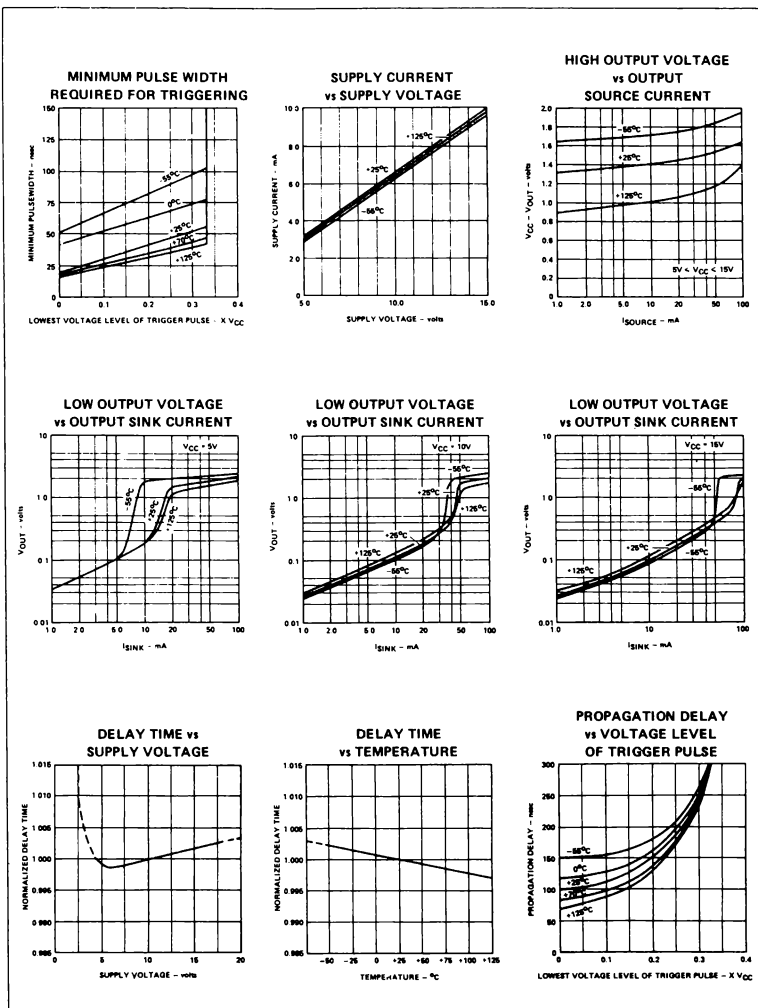



Figura 1-8

CAPITOLO 2

IL 555 IN CONFIGURAZIONE MONOSTABILE

In questo capitolo parleremo dei componenti e delle connessioni necessarie per far funzionare il temporizzatore 555 come multivibratore monostabile (o generatore di impulso singolo).

FUNZIONAMENTO

Per poter funzionare come monostabile il dispositivo è collegato come mostrato in fig. 2-1. In condizione di riposo, vedi fig. 2-2a, il flip-flop di controllo tiene Q_1 saturo (ON) mantenendo a massa il condensatore esterno di temporizzazione C. L'uscita (piedino 3) in questa condizione si trova al potenziale di massa, ovvero si trova BASSA. Le tre resistenze interne da 5kΩ agiscono come partitori di tensione, fornendo le tensioni di polarizzazione pari a 2/3 V_{CC} e 1/3 V_{CC}. Dal momento che queste due tensioni fissano la tensione di soglia necessaria per il comparatore, sono quindi legate alla determinazione della durata dell'impulso d'uscita. Essendo poi il comparatore di soglia inferiore polarizzato a 1/3 V_{CC}, il monostabile rimane in condizione di riposo fino a quando l'ingresso di sincronismo (trigger, piedino 2) è tenuto ad un valore superiore ad 1/3 V_{CC}. Solamente quando viene agganciato da un impulso negativo, il comparatore di soglia inferiore fa commutare il flip-flop allo stato 1, eliminando in tal modo il corto-circuito sul condensatore esterno di temporizzazione e, portando di conseguenza Q_1 nella condizione di interdizione (OFF), l'uscita va ALTA ad un valore approssimativamente pari a V_{CC}. Essendo ora il condensatore di temporizzazione non più corto-circuitato, la tensione ai suoi capi crescerà in modo esponenziale attraverso R_a, verso V_{CC}, con una costante di tempo pari a R_a C. Dopo un certo tempo, la tensione ai capi del condensatore C sarà uguale a 2/3 V_{CC}, e il comparatore di soglia superiore azzera il flip-flop il quale a sua volta scarica rapidamente a massa il condensatore, facendo saturare Q_1 (ON). Di conseguenza, l'uscita si porterà nello stato di riposo (massa).

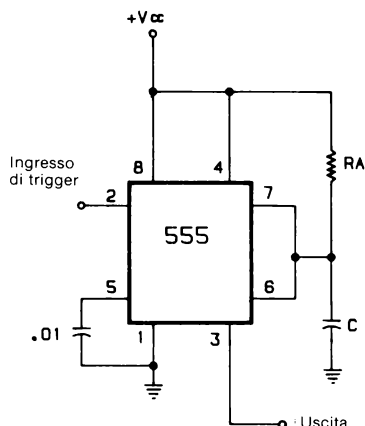



Figura 2-1

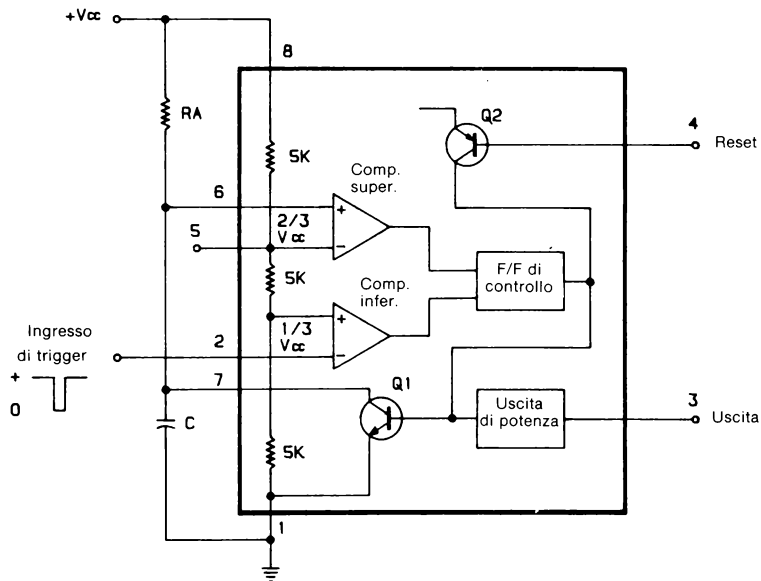
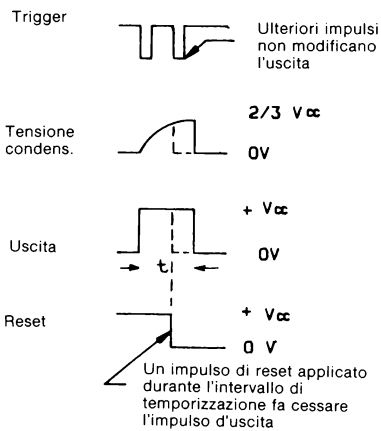



Figura 2-2. Copyright© 1973 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

La sequenza dei tempi del monostabile realizzato con 555 è riportata in fig. 2-2b. Il circuito si sincronizza solamente sugli impulsi negativi che scendono al di sotto del valore corrispondente a 1/3 V_{CC}. Una volta che sia partito l'impulso di sincronismo, anche se viene inviato un nuovo impulso, l'uscita rimane ALTA fino a che non è trascorso un tempo pari alla durata prefissata.

Dal momento che la tensione ai capi del condensatore esterno varia esponenzialmente tra 0 e 2/3 V_{CC} si ha:

$$\Delta V = V_{CC} (1 - e^{-t/R_aC})$$

$$2/3\ V_{CC} = V_{CC} (1 - e^{-t/R_aC}) \qquad (2\text{-}1)$$

ovvero

$$t = -R_aC\ \ln (1/3)$$

Per cui la durata dell'impulso di uscita sarà:

$$t = 1{,}1\ R_aC \quad \text{(secondi)} \qquad (2\text{-}2)$$

In fig. 2-3 viene dato un grafico utile a calcolare i valori di R_a e C necessari per ottenere un impulso d'uscita di durata prefissata.
Siccome la velocità di caricamento e le soglie del comparatore sono entrambe direttamente proporzionali alla tensione di alimentazione, una variazione di quest'ultima influenza entrambe le grandezze in modo tale da non mutare la durata dell'impulso d'uscita. Quindi la durata dell'impulso d'uscita data dall'equazione 2-2, è indipendente dalla tensione di alimentazione, in quanto le variazioni si compensano.

Se, d'altra parte, si applica contemporaneamente un impulso negativo al reset (piedino 4) all'ingresso di sincronismo (piedino 2) durante un ciclo di temporizzazione, il condensatore esterno di temporizzazione si scarica immediatamente e si riparte con un nuovo ciclo di temporizzazione. L'ingresso di reset funziona come abilitazione. Quando questo si trova al di sopra di 1 V, il temporizzatore 555 funziona liberamente, ma quando si scende sotto i 0,4V, l'uscita viene immediatamente forzata BASSA. Quando la tensione sul reset risale nuovamente sopra 1 V, l'uscita rimane BASSA fino all'applicazione di un impulso negativo sull'ingresso di sincronismo. Quando non si usa l'ingresso di reset conviene collegarlo a V_{CC} per eliminare qualsiasi possibilità di falsi sincronismi.

Il piedino 5, ingresso della tensione di controllo, è usato principalmente per azioni di filtraggio quando il temporizzatore è impiegato in ambienti disturbati. Tuttavia, imponendo una tensione a questo piedino, è possibile variare la durata dell'impulso d'uscita, in modo diverso da quello indicato dall'equazione 2-2, come vedremo nel seguito del capitolo. Se l'ingresso di controllo non è usato, onde prevenire disturbi che possono causare variazioni della durata dell'impulso d'uscita conviene collegarlo a massa con un condensatore a disco da 0,01 μF.

MONOSTABILE CON TRIGGER

Qualche volta il circuito monostabile di fig. 2-2a può erroneamente sincronizzarsi sul fronte positivo dell'impulso di trigger, anche se l'ingresso di controllo è stato posto a massa

Capacità μF
0.001
0.01
0.1
1
10
1ms
10ms
100ms
1s
10s
100s
1K
10K
100K
1M
10M
R
a
t = 1.1(R C)
Ritardo temporale, t

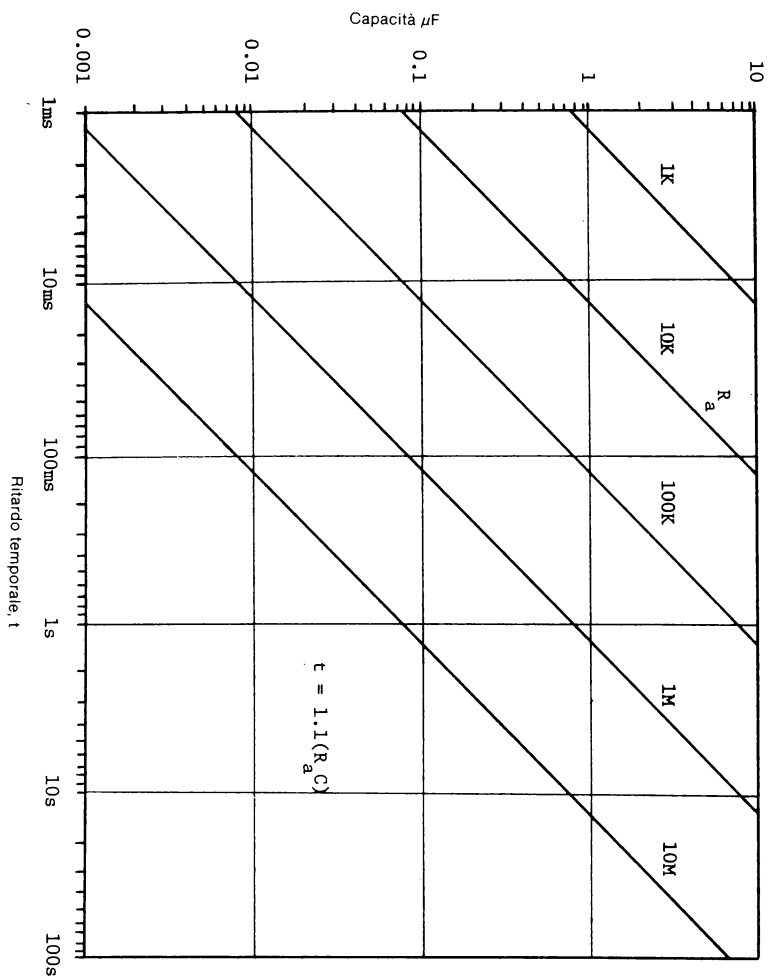



Figura 2-3

tramite condensatore. Per prevenire questa possibilità, si aggiunge in ingresso un condensatore da 0,001μF e una resistenza da 10 kΩ, come mostrato in fig. 2-4.

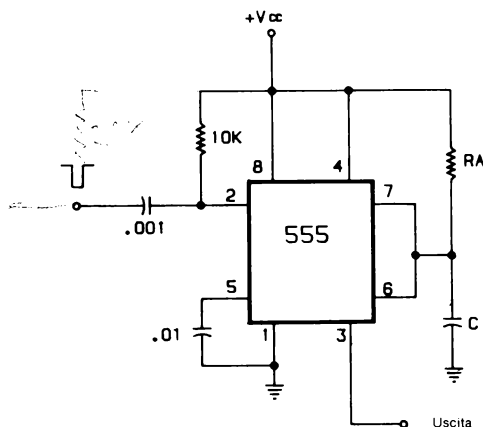



Figura 2-4

CIRCUITO A RIPRISTINO NEGATIVO

Generalmente, un circuito monostabile richiede un certo tempo (recovery time) per riportarsi alla condizione di riposo dopo aver ricevuto un impulso di trigger. Se non è trascorso un tempo pari a quello di ripristino (recovery) il prossimo ciclo temporale sarà più breve. A tale proposito viene spesso usato il circuito monostabile a ripristino negativo di fig. 2-5. Fino a che continuano ad arrivare con una certa frequenza impulsi di sincronismo al piedino 2, il circuito rimane sincronizzato, e l'uscita rimane ALTA. Qualsiasi cambiamento nella frequenza degli impulsi d'ingresso, o la mancanza di un impulso, permette al circuito di portare a compimento un ciclo completo e l'uscita può scendere come è raffigurato in fig. 2-6. Come regola generale, il tempo di ON (tempo in cui l'uscita è alta) del monostabile viene prefissato ad un valore di 1/3 più lungo del tempo medio che intercorre tra l'arrivo di due impulsi di sincronizzazione. Tale circuito è anche chiamato un rivelatore di impulsi mancanti.

Un'altra possibile applicazione del circuito monostabile è utilizzare il 555 per far partire, in modo corretto, dei circuiti logici, quando viene fornita o interrotta l'alimentazione (circuito di fig. 2-7). Un esempio di questa utilizzazione è l'azzeramento automatico dei contatori TTL (7490, 7492 e 7493).

La posizione del condensatore esterno determina se viene generato un impulso positivo o negativo. Il diodo assicura che anche una momentanea mancanza dell'alimentazione faccia si che un impulso venga generato quando viene ristabilita l'alimentazione. Con il condensatore connesso a massa, come in fig. 2-7a, viene generato un impulso positivo d'uscita in accordo con l'equazione 2-2. Quando viene fornita alimentazione il

Figura 2-5

Figura 2-6

+Vcc
1N194
RA
C
8
4
6
2
1
3
555
Uscita
+Vcc
0 V
Accensione
Uscita
T
(a)
(b)

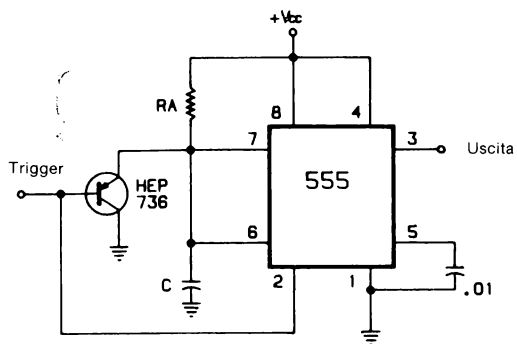
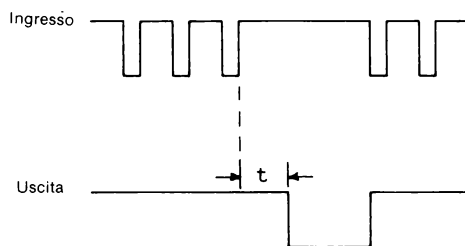
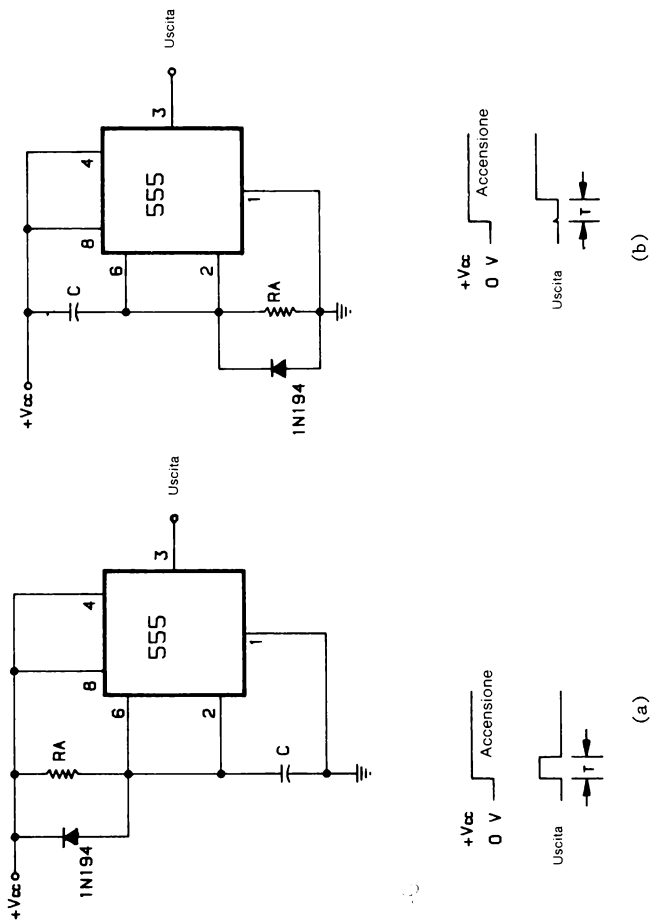



Figura 2-7

condensatore mantiene BASSO l'ingresso di sincronismo, e l'uscita si porta immediatamente ALTA. Quando il condensatore ha a sua volta raggiunto 2/3 V_{CC}, l'uscita va BASSA.

Il secondo circuito (fig. 2-7b) si comporta in modo simile, eccetto che il condensatore viene riportato a V_{CC}. Quando viene fornita alimentazione, viene immediatamente superata la soglia di 2/3 V_{CC} del comparatore interno superiore, forzando BASSA l'uscita. Quando il condensatore si scarica fino a 1/3 V_{CC}, l'uscita del temporizzatore va ALTA dopo un tempo pari a 1,1 R_aC. In questo circuito, il diodo ai capi di R_a fa si che il condensatore si scarichi rapidamente ogni qualvolta c'è una perdita di alimentazione. Se non è richiesta una sincronizzazione immediata, il diodo può essere omesso.

COMPENSAZIONE DI VARIAZIONI CAPACITIVE

Naturalmente, qualsiasi imprecisione nel valore del condensatore di temporizzazione esterna provoca un corrispondente errore nella durata dell'impulso d'uscita. Se si devono utilizzare resistenze di valore prefissato, per permettere la scelta tra impulsi d'uscita di diversa durata, può essere conveniente compensare il condensatore invece di regolare singolarmente ciascuna resistenza.
Il circuito di fig. 2-8 permette la correzione necessaria per tolleranze capacitive fino a ± 13% tramite la regolazione di una sola resistenza variabile.

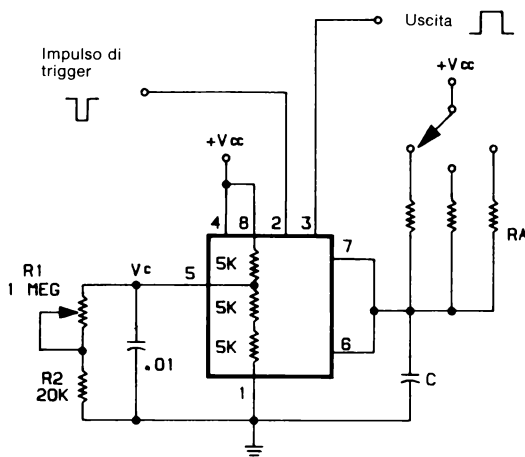



Figura 2-8. Da Electronics, 6 Febbraio, 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975

La durata dell'impulso d'uscita dipende poi esponenzialmente dal tempo richiesto dalla capacità per portarsi al valore della tensione di controllo, $V_c = 2/3\ V_{CC}$.
Questo andamento può essere matematicamente espresso come

$$V_c = V_{cc} (1 - e^{-t/R_aC}) \quad (2\text{-}3)$$

ovvero

$$t = - R_aC \ln (1 - V_c / V_{cc}) \quad (2\text{-}4)$$

L'equazione 2-4 mostra che la larghezza dell'impulso d'uscita dipende dal rapporto V_c/V_{cc}, qualsiasi sia il valore attribuito ai componenti R_a e C, che definiscono la costante di tempo. La tecnica usata per compensare le variazioni di capacità è variare il rapporto V_c/V_{cc} con un'altra resistenza esterna posta in parallelo con le due resistenze da 5 kΩ interne al temporizzatore. La resistenza esterna è realizzata con un potenziometro R_1 da 1 MΩ in serie con una resistenza R_2 da 20 kΩ. Il rapporto V_c/V_{cc} è determinato approssimativamente dalla relazione di partizione,

$$\frac{V_c}{V_{cc}} = \frac{R_p}{R_p + 5 \text{ k}\Omega} \quad (2\text{-}5)$$

dove R_p è la combinazione parallela tra $(R_1 + R_2)$ e la resistenza interna da 10 kΩ, ovvero

$$R_p = \frac{(10 \text{ k}\Omega)\ (R_1 + R_2)}{10 \text{ k}\Omega + R_1 + R_2} \quad (2\text{-}6)$$

Se la resistenza esterna è posta al suo valore minimo di 20 kΩ, si ha

$$R_p = 6{,}67 \text{ k}\Omega$$

e

$$V_c / V_{cc} = 0{,}57$$

perciò, la larghezza dell'impulso d'uscita, data l'equazione 2-4, vale

$$t_{minimo} = 0{,}85\ R_a C$$

Analogamente, se la resistenza esterna è posta pari al valore massimo di 1,02 MΩ, la larghezza dell'impulso d'uscita sarà

$$t_{massimo} = 1{,}1\ R_a C$$

Perciò la variazione di R_1 può modificare la larghezza dell'impulso d'uscita di ± 13% del valore nominale di 0,98 R_a C. Se i valori della capacità e della resistenza, legati alla durata dell'impulso d'uscita, sono calcolati in questo modo si possono compensare variazioni del ± 13% del condensatore tramite regolazioni di R_1. Se si ha invece a che fare con tolleranze maggiori, R_2 può essere ridotta. L'effetto della variazione di questa resistenza esterna sulla durata dell'impulso d'uscita è riportato in fig. 2-9.

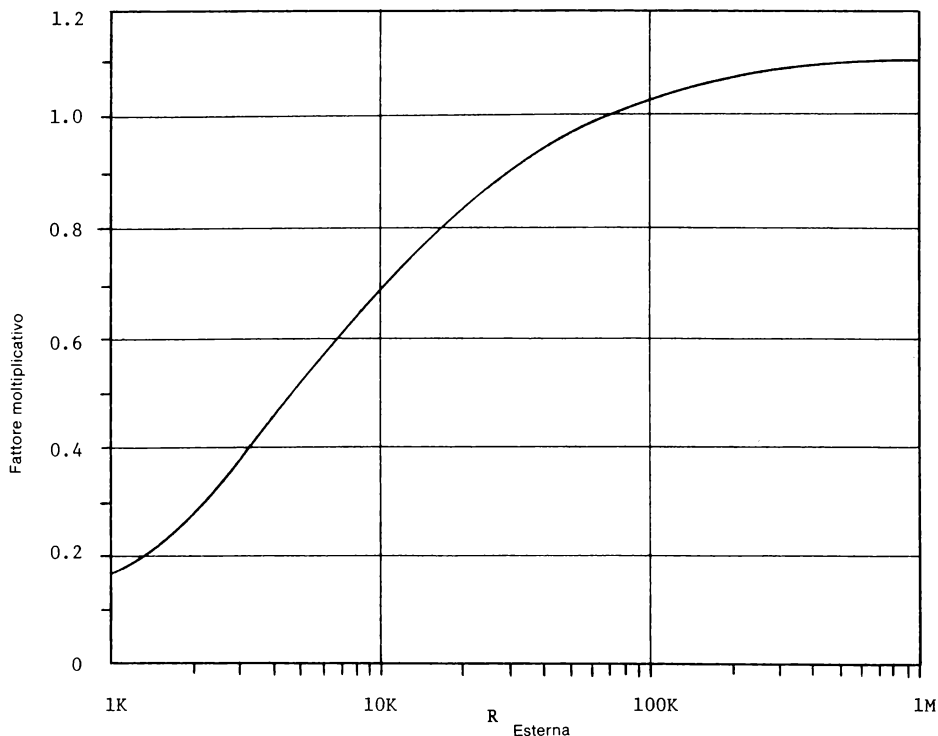



Figura 2-9

TRIGGER DI SCHMITT

Il temporizzatore può essere collegato per funzionare come trigger di Schmitt a soglia variabile. Dal momento che la circuiteria interna ha un'elevata impedenza d'ingresso e una capacità di memorizzazione, la tensione di soglia può essere collegata entro ampi valori con uscita a collettore aperto (open collector) e con richiamo attivo (totem-pole).

Il circuito equivalente interno e lo schema a blocchi, dati nel cap. 1, possono essere ridisegnati con simboli logici che permettono di descrivere il funzionamento del circuito di trigger come mostrato in fig. 2-10. Il temporizzatore 555 può essere considerato come un comparatore ad alta impedenza d'ingresso che pilota il trigger di Schmitt, il quale ha un ingresso a latch (memoria) ad alta impedenza d'ingresso e un'uscita disaccoppiata con strobe.

Figura 2-10. Da Electronics, 25 Ottobre 1973, Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

Riferendosi per il momento alla fig. 1-3, i transistori da Q_1 a Q_8 costituiscono uno dei comparatori non invertenti, mentre quelli da Q_9 a Q_{13} e Q_{15} costituiscono l'altro comparatore, il quale pilota a sua volta il trigger di Schmitt realizzato dai transistori Q_{16} e Q_{17}. Sebbene sembri che i due comparatori siano semplicemente posti in AND all'ingresso del trigger di Schmitt, la limitata capacità da parte del primo comparatore di assorbire o generare corrente permette all'altro comparatore di avere la precedenza. Il primo comparatore agisce poi come memoria, permettendo all'altro comparatore, in combinazione con il trigger di Schmitt, di essere agganciato quando l'ingresso di memorizzazione (soglia, piedino 6) è ALTO. Quando questo ingresso va BASSO, il trigger di Schmitt e il circuito d'uscita sono bloccati qualsiasi sia lo stato dello Schmitt.

In fig. 2-10, la resistenza R_3, che può variare da 4 kΩ fino a 100 kΩ connessa tra ingresso memorizzato e V_{CC}, sblocca lo Schmitt e, allo stesso tempo, tende a disaccoppiare questo ingresso da qualsiasi rumore di linea ad alta frequenza.

L'input di trigger del 555 (impedenza d'ingresso di circa 1 MΩ) pilota il trigger di Schmitt la cui soglia controllando la tensione al piedino 5 può essere variata da quasi zero fino a circa la tensione di "polarizzazione" (bias) presente all'ingresso memorizzato. Una funzione di "campionatura" (strobe) viene realizzata dal terminale di reset del temporizzatore; cioè il temporizzatore è attivo quando l'ingresso di reset è ALTO. Ai piedini 3 e 7 (entrambi possono assorbire fino a 200 mA) sono contemporaneamente disponibili un'uscita con richiamo attivo alla tensione positiva di alimentazione (active pull-up) e un'altra a collettore aperto.

Tuttavia dovrebbero essere prese alcune precauzioni. Dal momento che i comparatori possono rispondere a impulsi della durata di 20 ns gli ingressi di controllo e soglia devono essere disaccoppiati dall'alimentazione. Inoltre, quando l'ingresso di trigger si trova a −0,2V o più basso, l'uscita ritorna ALTA, raddoppiando perciò la frequenza delle forme d'onda d'ingresso.

A causa dei livelli di polarizzazione e di rumore, si possono occasionalmente originare problemi quando l'ingresso di controllo è collegato direttamente all'alimentazione (o ad una tensione inferiore a questa di 0,5V). La resistenza R_1 dovrebbe essere 180Ω o più per eliminare questi inconvenienti.

In figura 2-11a è mostrato un altro circuito di trigger di Schmitt. In questo caso, gli ingressi dei due comparatori (piedino 2 e 6) sono collegati insieme e polarizzati tramite R_1 e R_2 al valore di 1/2 V_{CC}. La tensione di polarizzazione fornita da R_1 e R_2 è centrata entro i valori delle tensioni a cui si portano gli ingressi dei due comparatori, infatti il comparatore superiore si porta a 2/3 V_{CC} mentre quello inferiore a 1/3 V_{CC}.

Se viene inviato all'ingresso un'onda sinusoidale di sufficiente ampiezza (maggiore dei livelli di riferimento), il flip-flop interno passa alternativamente dallo stato di set a quello di reset, formando in uscita un'onda quadra. Se si utilizza R_1 uguale a R_2 il 555 sarà polarizzato automaticamente per qualunque valore di tensione di alimentazione compreso tra 5 e 16 V. Si può notare, infine, in fig. 2-11b che è presente uno spostamento di fase pari a 180°.

Utilizzando un trasformatore con tensione di secondario di 6,3 Vac a 50 Hz, ed inviando questo segnale all'ingresso del circuito si ottiene un segnale ad onda quadra di 50 Hz. È chiaro il vantaggio di un tale circuito rispetto ai convenzionali multivibratori, che permettono di squadrare un segnale d'ingresso dividendo per due la frequenza del segnale; mentre, viceversa, con il nostro circuito si ottiene un segnale a 50 Hz ad onda quadra senza alcuna divisione di frequenza.

BUFFER BISTABILE INVERTENTE

Riducendo, in fig. 2-11, la costante di tempo del circuito di Schmitt (portando C_1 a 0,001 μF) si può utilizzare il timer 555 come bistabile o invertitore; infatti in questo caso gli impulsi verranno differenziati all'ingresso del timer. Nella versione "invertitore" passeranno solo i fronti degli impulsi o delle onde quadre se si utilizza una costante di tempo veloce, (formata da C_1 e dal parallelo di R_1 e R_2). Questi impulsi settano o azzerano il flip-flop, fornendo un'uscita ALTA che è sfasata rispetto all'ingresso di 180°.

DA RICORDARE

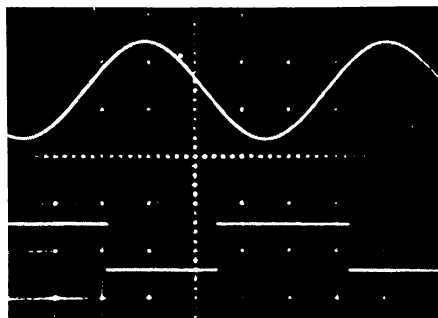
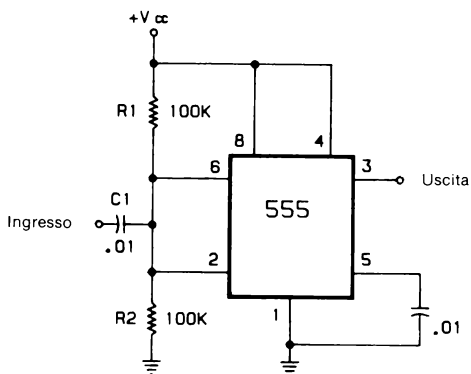
Per un corretto funzionamento del temporizzatore 555, come monostabile, la durata dell'impulso negativo di trigger dovrebbe essere breve in confronto alla desiderata durata dell'impulso di uscita. I valori della resistenza e del condensatore esterni di temporizzazione possono essere determinati dall'equazione 2-2 o dal grafico di fig. 2-3; tuttavia, avendo i condensatori delle perdite, occorre rimanere entro la zona dei valori resistivi mostrati per evitare l'uso di condensatori elettrolitici di grosso valore. Altrimenti, dovrebbero essere usati condensatori al tantalio o in mylar.

(b)

Figura 2-11. Copyright © 1974 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

CAPITOLO 3

IL 555 IN CONFIGURAZIONE ASTABILE

Questo capitolo descriverà un altro modo di operare del 555: il temporizzatore sarà utilizzato come multivibratore astabile (detto anche generatore d'onda quadra)).

FUNZIONAMENTO

In fig. 3-1 è riportata la configurazione circuitale che permette al dispositivo di funzionare in modo astabile. La resistenza che regola la temporizzazione è divisa in questo caso in due parti (R_a e R_b) ed il transistor di scarica (piedino 7) è connesso al punto di giunzione tra R_ae R_b.

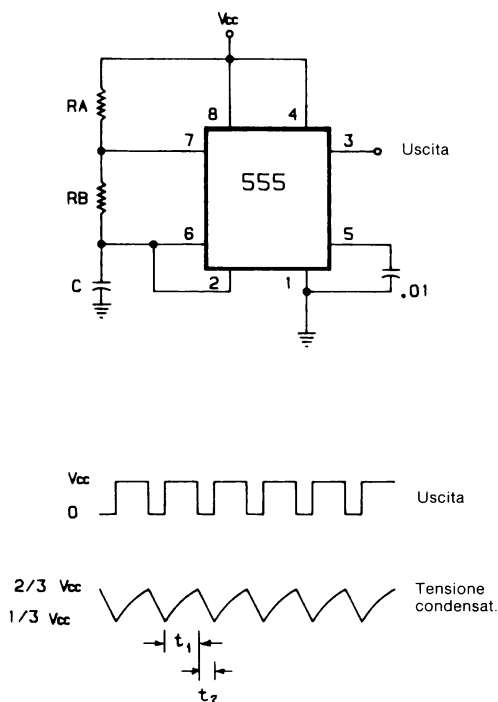



Figura 3-1

Quando la tensione del condensatore raggiunge i 2/3 di V_{cc}, il comparatore superiore sincronizza il flip-flop e il condensatore incomincia a scaricarsi verso massa attraverso R_b.

Quando la tensione si porta a 1/3 di V_{cc} scatta il comparatore inferiore e riparte un nuovo ciclo. Il condensatore si carica-scarica in modo periodico tra 2/3 V_{cc} e 1/3 V_{cc} (fig. 3-1b). L'uscita è ALTA durante la parte di carica del ciclo (intervallo t_1), secondo la relazione

$$t_1 = (R_a + R_b)\,C\,\ln \frac{\{V_{cc} - 2/3\,V_{cc}\}}{V_{cc} - 1/3\,V_{cc}}$$

ovvero

$$t_1 = 0{,}693\,(R_a + R_b)\,C \qquad (3\text{-}1)$$

L'uscita è invece BASSA durante la parte di scarica del ciclo (intervallo t_2), secondo la relazione

$$t_2 = 0{,}693\,R_b\,C \qquad (3\text{-}2)$$

Il periodo totale, somma dell'intervallo di carica e di quello di scarica è

$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0{,}693\,(R_a + 2\,R_b)\,C \quad \text{secondi} \qquad (3\text{-}3)$$

e la frequenza d'uscita è quindi

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1{,}443}{(R_a + 2\,R_b)\,C} \qquad (3\text{-}4)$$

La fig. 3-2 riporta grafici di $(R_a + 2\,R_b)$ e C in funzione della frequenza d'uscita desiderata.

IL DUTY CYCLE

Con riferimento a un'uscita dall'andamento periodico si definisce "duty cycle" D (ciclo di lavoro) il rapporto tra l'intervallo di tempo in cui il segnale è ALTO (in un ciclo) e la durata dell'intero ciclo

$$D = \frac{t_1}{T} = \frac{R_a + R_b}{R_a + 2\,R_b} \qquad (3\text{-}5)$$

1M
100K
10K
(R_a+2R_b)
1K
10M
1
0.1
0.01
0.001
Capacità μF
1 10 100 1K 10K 100K
Frequenza astabile, Hz

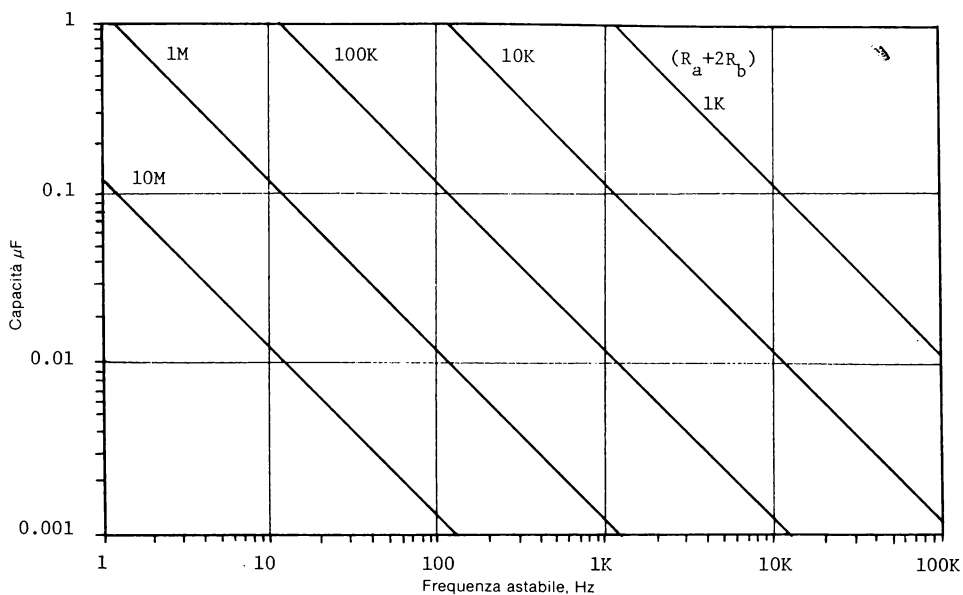
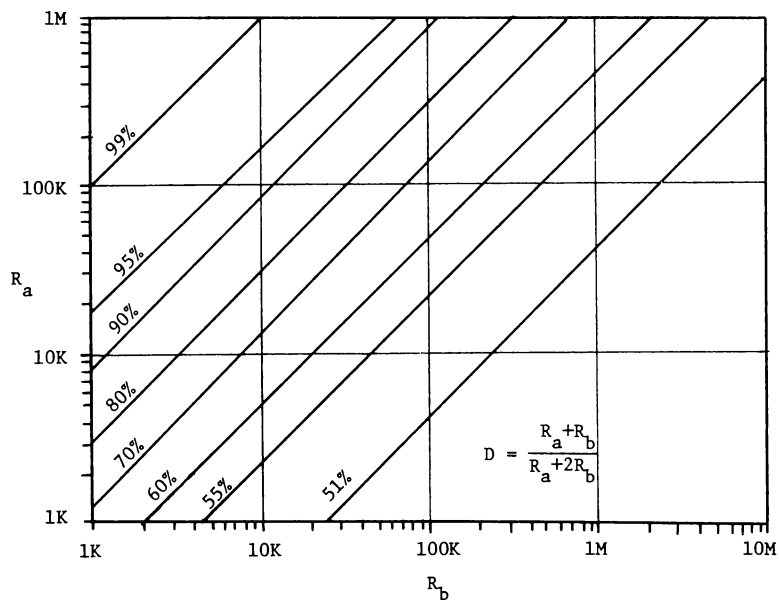



Figura 3-2

Figura 3-3

Prendendo quindi R_b sufficientemente grande rispetto a R_a possiamo ottenere un'onda quadra simmetrica con un duty cycle di circa il 50%.

Utilizzando il circuito riportato in fig. 3-4 è possibile ottenere un'onda quadra perfettamente simmetrica grazie all'inserimento sull'uscita di un flip-flop che opera come divisore per due. Si possono in tal caso scegliere R_a e R_b in modo arbitrario al duty cycle e l'uscita del flip-flop avrà una frequenza d'uscita pari a metà di quella del temporizzatore.

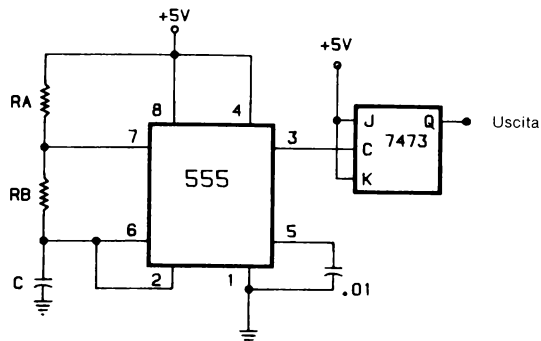



Figura 3-4

D'altra parte, un duty cycle del 50% può essere facilmente ottenuto anche senza l'artificio della divisione della frequenza, utilizzando il circuito di fig. 3-5

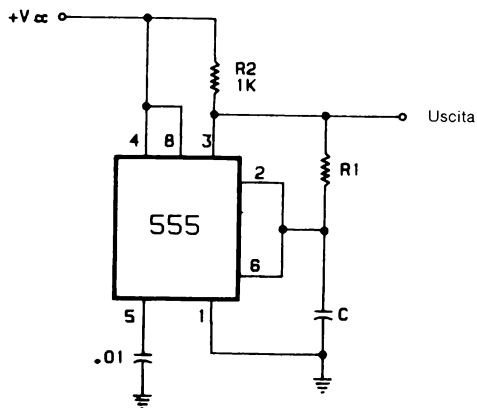



Figura 3-5. Da Electronics, 13 Maggio 1976, Copyright © MacGraw-Hill, Inc. 1976.

In tale circuito il condensatore di temporizzazione si carica esponenzialmente a V_{cc} attraverso una sola resistenza R_1. Di conseguenza, l'intervallo di tempo durante cui l'uscita si mantiene ALTA vale

$$t_1 = 0{,}693\ R_1 C \qquad (3\text{-}6)$$

Quando la tensione del condensatore raggiunge i 2/3 di V_{cc} l'uscita si porta BASSA e il condensatore si scarica attraverso R_1. Il periodo di tempo, durante il quale l'uscita è BASSA e il condensatore si scarica, vale

$$t_2 = 0{,}693\ R_1 C \qquad (3\text{-}7)$$

cosicché il periodo complessivo di un singolo ciclo vale

$$T_2 = t_1 + t_2$$

$$= 1{,}386\ R_1 C \qquad (3\text{-}8)$$

e la frequenza vale di conseguenza (fig. 3-6)

$$f = \frac{0{,}722}{R_1 C} \qquad (3\text{-}9)$$

La resistenza di pull-up R_2 (valore di 1 kΩ) ha la funzione di garantire che il livello ALTO della tensione d'uscita sia circa pari a V_{cc}. R_1 dovrebbe poi valere almeno 10 R_2, ovvero almeno 10 kΩ.

Talvolta con grossi carichi, l'uscita del circuito astabile di fig. 3-1a si può spostare (offset) di 1 V o più rispetto a V_{cc} o a massa. Poichè tale variazione modificherebbe anche la tensione sulla rete di temporizzazione RC di conseguenza verrebbe anche variata la frequenza d'uscita e/o il duty cycle. Nel circuito di fig. 3-7 al RC di temporizzazione sono quindi aggiunti un transistor e un diodo che permettono ampie variazioni di frequenza pur mantenendo sempre un duty cycle del 50%. Quando l'uscita del temporizzatore è ALTA, Q_1 si trova in zona di saturazione (a causa di R_2) e quindi la corrente di carica passa in C attraverso Q_1 e R_1. Quando invece l'uscita si porta BASSA il transistor di scarica (pin 7) spegne Q_1 e scarica il condensatore attraverso R_1 e D_1. Essendo uguali le impedenze dei due percorsi i periodi ALTO e BASSO dell'uscita risultano uguali.

Per Q_1 dovrebbe essere necessario un beta grande in modo da poter avere di conseguenza una R_2 grande pur garantendo a Q_1 la possibilità di entrare in saturazione. Un diodo D_1 con una grande conduttanza, al germanio o Schottky, permette infine di rendere minima la caduta di tensione su D_1 e Q_1.

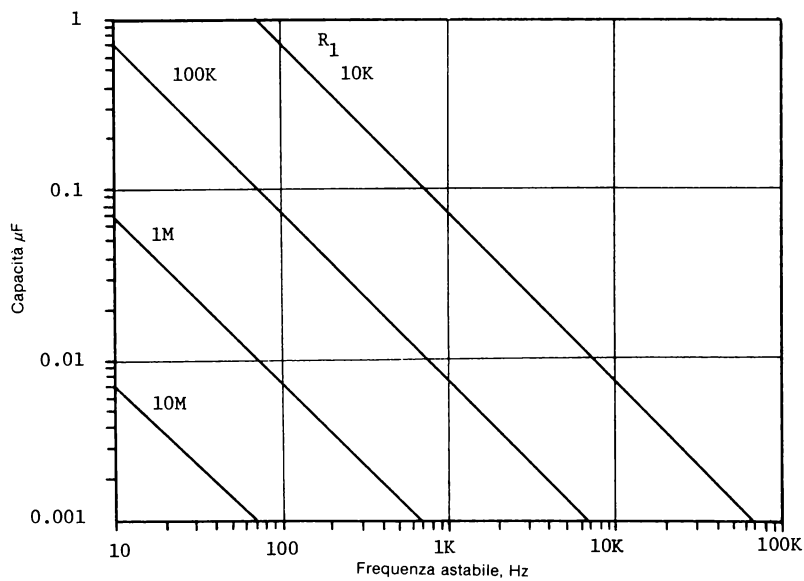



Figura 3-6

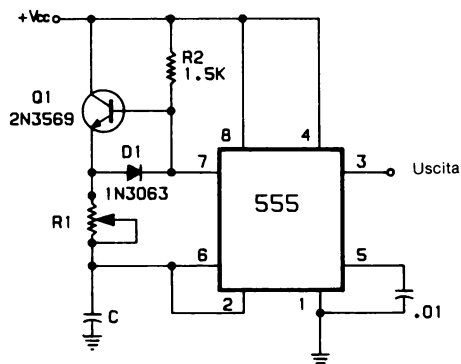



Figura 3-7. Da Electronics, 28 Novembre 1974; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1974.

Per ottenere onde quadre precise la caratteristica ON di Q_1 dovrebbe essere uguale a quella del diodo D_1 e a quella del commutatore interno di pull-down (richiamo verso il livello negativo dell'alimentazione). Per ottenere un bilanciamento ottimale si analizza la rete di temporizzazione per tutto il suo range di frequenza e si regola R_2 al fine di ottenere all'uscita un'onda quadra simmetrica per ogni combinazione di R_1 e C.

REGOLAZIONE DELLA FREQUENZA E DEL DUTY CYCLE

Sono numerosi i circuiti che permettono di controllare, indipendentemente dagli altri parametri, la frequenza d'uscita del temporizzatore o viceversa di poter facilmente variare entro ampi margini, il duty cycle, mantenendo costante la frequenza d'uscita.

Il circuito di fig. 3-7 è ad esempio utilizzato per avere un controllo indipendente dei periodi di carica e di scarica. I diodi D_1 e D_2 presentano alle correnti del condensatore di temporizzazione due possibili percorsi mentre i potenziometri R_1 e R_2 controllano indipendentemente i periodi ALTO e BASSO per l'intera escursione del timer.

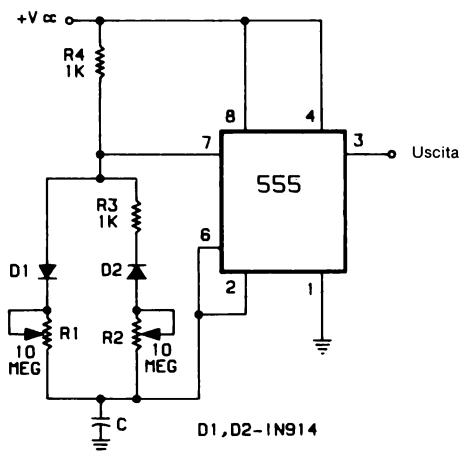



Figura 3-8. Da Electronics, 19 Settembre 1974; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1974.

Durante la carica la massima resistenza è determinata da R_3, mentre analogamente, durante la scarica, lo è da R_4.

Attraverso il circuito di fig. 3-9 (che è una modifica di quello della fig. 3-8) è possibile ottenere una regolazione del duty cycle. Al variare di R_1 diminuisce la durata di uno dei due livelli logici mentre contemporaneamente risulta allungato l'altro.

Per esempio, prendendo $R_1 = 10\ M\Omega$ e R_2 e R_3 entrambe uguali a 1 kΩ, si ottiene un valore del duty cycle che può passare dallo 0,01% al 99,99% con solo una modesta variazione della frequenza d'uscita.

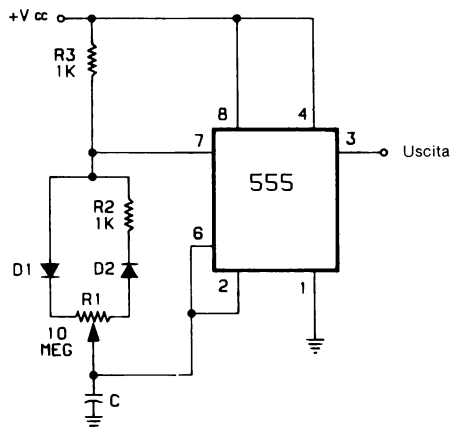



Figura 3-9. Da Electronics, 19 Settembre 1974; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1974.

In entrambi i circuiti la caduta di tensione sui diodi diminuisce la differenza di potenziale realmente presente ai capi della rete RC. Di conseguenza si ottiene un periodo d'uscita inferiore rispetto a quello dato dalle equazioni 3-1 e 3-2 e per tali circuiti bisogna quindi tener conto della caduta di tensione sui diodi. Se questa vale (polarizzazione diretta) 0,6V, si ha che l'uscita del temporizzatore è ALTA per un intervallo di tempo di

$$t_1 = RC \ln \frac{\{V_{CC} - 1/3\ V_{CC} - 0{,}6\}}{V_{CC} - 2/3\ V_{CC} - 0{,}6}$$

ovvero

$$t_1 = RC \ln \frac{\{2/3\ V_{CC} - 0{,}6\}}{1/3\ V_{CC} - 0{,}6} \qquad (3\text{-}10)$$

Minore è la tensione di alimentazione maggiore risulta essere quindi l'effetto della caduta di tensione sul diodo.

In fig. 3-10 è illustrato un timer con duty cycle variabile realizzato con transistor invece che diodi.

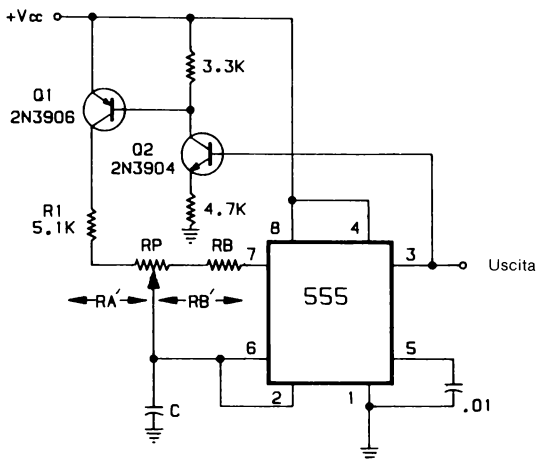



Figura 3-10. Da Electronic Design 5 Luglio 1975; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1975.

Con l'uscita ALTA Q_1 e Q_2 sono entrambi in saturazione; durante questo tempo C viene caricato attraverso Q_1, R_1 e R_a'. Quando la tensione ai capi di C raggiunge 2/3 di V_{cc} l'uscita diventa bassa; il condensatore si scarica attraverso R_2 e R_b' finchè viene raggiunta la soglia inferiore (1/3 di V_{cc}), l'uscita si riporta ALTA e si inizia così un nuovo ciclo.

L'intervallo di tempo durante il quale l'uscita è ALTA (periodo di carica) vale

$$t_1 = 0{,}693\ (R_1 + R_a')\ C \qquad (3\text{-}11)$$

mentre l'uscita è BASSA per il tempo

$$t_2 = 0{,}693\ (R_2 + R_b')\ C \qquad (3\text{-}12)$$

Cosicchè il periodo totale del ciclo è di

$$T = 0{,}693\ (R_1 + R_2 + R_a' + R_b')\ C \qquad (3\text{-}13)$$

Poichè ($R_a' + R_b'$) è uguale alla resistenza R_p del potenziometro, si ha

$$T = 0{,}693\ (R_1 + R_2 + R_p)\ C \qquad (3\text{-}14)$$

e di conseguenza un duty cycle di

$$\frac{R_1 + R_a'}{R_1 + R_2 + R_p} \qquad (3\text{-}15)$$

Con i valori dei componenti riportati in fig. 3-10 si ha un duty cycle regolabile da 1 a 99%.

UN ASTABILE CONTROLLATO A CRISTALLO

Benchè il circuito astabile di base di fig. 3-1a presenti caratteristiche di accuratezza sufficienti per la maggior parte delle applicazioni, con il timer 555 si può anche utilizzare (fig. 3-11) un oscillatore astabile a cristallo invece che il tipo RC. Il cristallo è messo tra il circuito RC serie e il comparatore del temporizzatore.

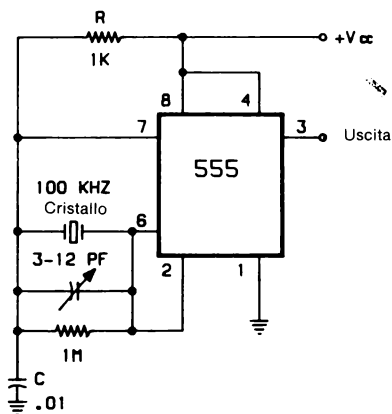



Figura 3-11. Da Electronic Design 8 Novembre 1974; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1974.

Identici a quelli del circuito base rimangono i percorsi delle correnti di carica e scarica del condensatore,mentre il segnale di controllo ai due comparatori è in questo caso imposto attraverso il cristallo con conseguente oscillazione del circuito alla frequenza propria del cristallo o ad una sua armonica.

Si scelgono poi i valori di R e C in modo che, essendo il cristallo corto-circuitato, il circuito oscilli a una frequenza vicina a quella del cristallo

$$f = \frac{1{,}443}{RC} \qquad (3\text{-}16)$$

Mentre i valori di R e C possono variare tranquillamente del 25% la frequenza del cristallo non ne è modificata; infatti si modificano le ampiezze di carica/scarica della tensione del condensatore per compensare i valori di R e C e ne risulta così un circuito a frequenza costante.

Raddoppiando la costante di tempo (RC) ma mantenendo lo stesso cristallo si ottengono oscillazioni a frequenza metà di quella propria del cristallo. Analogamente, con opportune modifiche dei valori dei componenti, si possono ottenere frequenze di oscillazioni del circuito di valore pari a quello delle armoniche 1/3, 1/4, 1/5 ecc. della frequenza fondamentale del cristallo.

Il condensatore variabile in parallelo al cristallo permette un controllo fine della frequenza del cristallo, rispetto a un valore campione noto (p. es. segnali radio). La resistenza da 1 MΩ realizza un percorso per la continua per gli ingressi del comparatore, assicurando l'innesco dell'oscillazione quando viene acceso l'apparecchio.

MINIMIZZAZIONE DELLE DIFFERENZE FRA I PERIODI RELATIVI ALLA CONFIGURAZIONE ASTABILE E MONOSTABILE

Un unico componente, diodo o resistenza, può minimizzare la differenza esistente nel timer 555 tra la durata dei periodi della temporizzazione astabile e quella dei periodi della temporizzazione monostabile. Quando il 555 è utilizzato come multivibratore astabile l'uscita (equazione 3-3) ha un periodo pari a 0,693 RC. Tuttavia quanto si è in configurazione di multivibratore monostabile o quando l'ingresso di azzeramento serve per campionare si ottiene invece un periodo maggiore pari a 1,1 RC (equazione 2-2).

Nella fig. 3-12 è riportata la modifica al circuito di base; il commutatore seleziona il modo di lavoro, monostabile o astabile, mentre per eguagliare i periodi è sufficiente aggiungere una resistenza (o un diodo). Il diodo (tra i piedini 3 e 5) tira verso il basso la tensione di controllo (circa 0,9V) tutte le volte che l'uscita si porta BASSA. Il condensatore di temporizzazione C deve perciò scendere a 0,5V prima che il livello al piedino 2 possa agganciare un altro impulso d'uscita. I due periodi si mantengono uguali (al 5%) poichè il condensatore in entrambi i casi si carica partendo dal livello di terra.

Come alternativa si ha invece che la resistenza R_3 tende a rendere il periodo monostabile uguale a quello astabile impedendo al condensatore di scaricarsi del tutto. Una regolazione del partitore di tensione (R_1 e R_3) fa si che la tensione sul condensatore cada solo di quanto basta a sincronizzare un nuovo impulso.

Il metodo col diodo è più vantaggioso perchè non servono conti per ottenere un adattamento accurato delle larghezze degli impulsi.

È inoltre possibile ancora un altro controllo della larghezza dell'impulso per mezzo di un unico potenziometro; tuttavia la soglia inferiore e di conseguenza la larghezza dell'impulso dipendono dall'offset del diodo e dalle derive.

Il vantaggio del metodo che utilizza la resistenza sta nel fatto che i periodi dei due modi sono controllati da R_1 e R_3. Così tali periodi possono essere resi assai facilmente vicini ed è possibile mettere un condensatore verso massa al pin 5. Inoltre il metodo della resistenza non introduce le variazioni dovute alla temperatura proprie di un diodo e l'adattamento delle larghezze degli impulsi tende a mantenersi costante anche per variazioni di V_{cc}. Uno svantaggio invece è dato dal fatto che R_1 non può essere modificata (per controllare la larghezza dell'impulso) senza dover tarare nuovamente anche R_3.

Con tale capitolo è conclusa la parte riguardante i modi fondamentali di lavoro inerenti al temporizzatore 555. Nei prossimi capitoli analizzeremo e verificheremo la versatilità di questo dispositivo che si presta realmente a un'infinità di applicazioni.

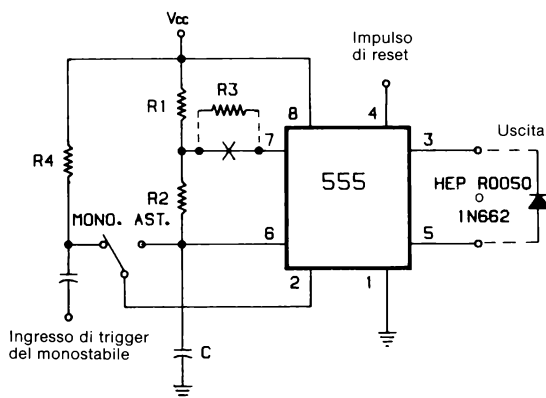



Figura 3-12. Da Electronic Design 19 Luglio 1974; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1974.

CAPITOLO 4

CIRCUITI DI ALIMENTAZIONE

CONVERTITORI CC-CC NON INVERTENTI

Il convertitore cc-cc senza trasformatore (fig. 4-1) può essere utilizzato in molte delle applicazioni di bassa potenza ove siano richieste tensioni cc di alimentazione superiori a quella direttamente disponibile. Il temporizzatore, configurato come generatore ad onda quadra, ha un'uscita di frequenza pari a 3 kHz che è portata su una sezione diodo-condensatore avente la funzione di raddoppiare la tensione.

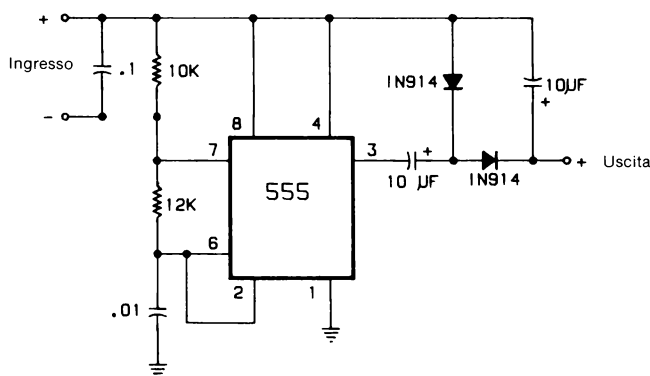



Figura 4-1. Copyright © 1975 Communications Technology, Inc. (Per gentile concessione di Ham Radio Magazine).

Il condensatore da 0,01 μF posto all'ingresso serve a filtrare il segnale di 3 kHz dall'alimentazione. È poi possibile aggiungere altre sezioni simili (fig. 4-2) per incrementare ulteriormente la tensione d'uscita, a spese di una corrispondente riduzione della corrente disponibile all'uscita. La tensione d'ingresso nel nostro caso può avere un valore compreso tra 4,5V e 16V. In fig. 4-3 è riportato un convertitore cc-cc più sofisticato avente all'ingresso un regolatore di corrente a gradino e un filtro induttivo.

Come nella realizzazione precedente il temporizzatore è utilizzato come astabile, mentre sono stati aggiunti i transistor Q_2 e Q_3 per mantenere caricato alla tensione voluta il condensatore di filtro dell'uscita. Inoltre è possibile prevenire ogni sovratensione attraverso l'anello di reazione che provvede a disinnescare il temporizzatore tutte le volte che la tensione del condensatore di filtro raggiunge un livello prefissato.

Poichè 16V rappresentano la massima tensione di lavoro per la maggior parte dei temporizzatori del tipo 555, V_{cc} risulta agganciata alla tensione del diodo Zener D_{Z1}, cosicchè la tensione d'uscita regolata risulta valere approssimativamente

$$V_{out} = V_{Z2} + 0{,}3 \qquad (4\text{-}1)$$

in cui V_{Z2} non è altro che la tensione di Zener di D_{Z2}. Quando l'uscita del timer è ALTA, sia Q_2

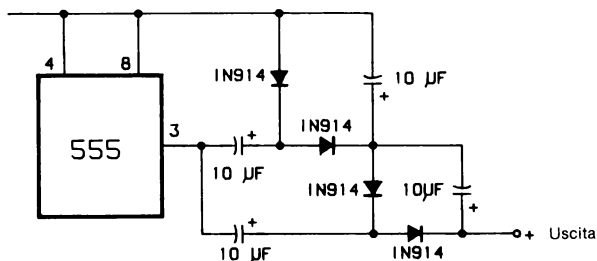



Figura 4-2

che Q_3 sono accesi cosicchè la corrente di collettore di Q_3 passa, attraverso un'induttanza da 1 mH, al carico e al condensatore di filtro. Quando l'uscita del temporizzatore è BASSA, Q_2 e Q_3 sono invece spenti e D_1 assorbe la corrente presente nell'induttanza.

R_4, D_{Z2}, Q_1 e R_3 formano il circuito di reazione. Quando l'uscita supera il valore ($V_{Z2} + 0{,}3$), Q_1 si accende e porta BASSO l'ingresso di azzeramento del timer con il conseguente spegnimento di Q_2 e Q_3, causando così una diminuzione della tensione d'uscita. Se non ci fossero circuiti di reazione la tensione d'uscita dipenderebbe completamente dalla tensione d'ingresso e dal duty cycle cosicchè

$$V_{out} = V_{in}D$$

$$= V_{in}\,\frac{t_1}{t_1 + t_2} \qquad (4\text{-}2)$$

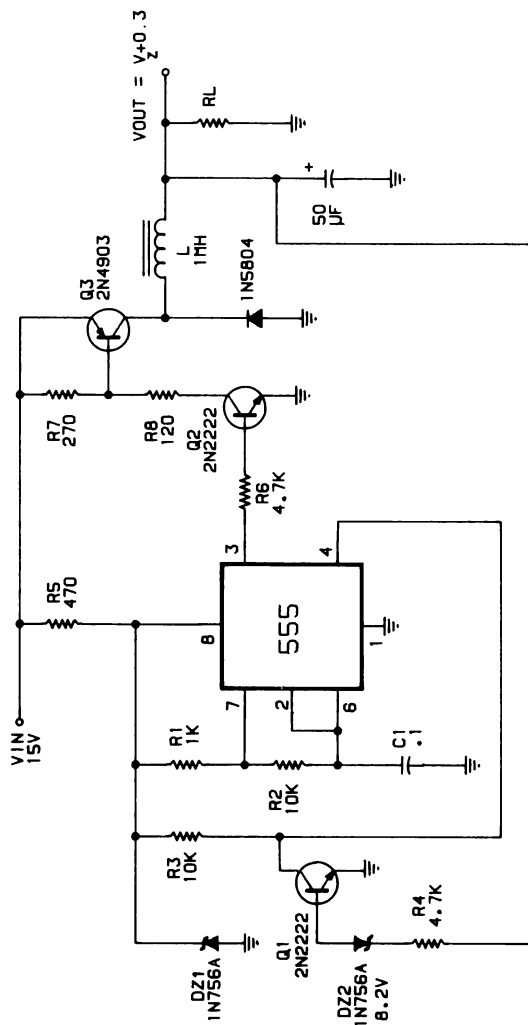



Figura 4-3. Da Electronics, 13 Novembre 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

Con i valori dei componenti riportati in fig. 4-3 si ottengono per questo circuito le prestazioni riportate nella tabella 4-1.

Tabella 4-1

Tensione d'ingresso, V_{in}	15V
Tensione d'uscita, V_{out}	8,4V
Corrente di carico, I_{out}	300 mA
Corrente di ripple, I_r (I_{out} = 300 mA)	5 mA
Regolazione del carico (V_{in} = 15V, I_{out} = 0-300 mA)	0,5%
Regolazione della rete (V_{in} = 15-25V, I_{out} = 300 mA)	2,5%

Utilizzando la possibilità, caratteristica del 555, di essere modulato, si può variare la larghezza dell'impulso d'uscita per avere una reazione di corrente in un alimentatore stabilizzato (fig. 4-4). Quando sul pin 5 non c'è tensione (è il piedino di modulazione ovvero di controllo) il dispositivo si autosincronizza permettendo così di avere un'uscita a onda quadra, poi amplificata da Q_1. Q_2 sarà acceso finché l'uscita del timer si manterrà ALTA, con conseguente passaggio di corrente in R_2 e C_2. Con Q_2 spento diventa disponibile al carico l'energia immagazzinanta in L e C_2.

Quando c'è diversità tra V_{out} e V_{cc} la tensione generata è riportata a Q_5 che lavora come comparatore controllato dal diodo Zener D_Z. A meno che non si verifichino continui cambiamenti nella tensione d'uscita, ricavata dal collettore di Q_2, in confronto della tensione di Zener Q_5 non entrerà in conduzione. Poichè la tensione di collettore di Q_5 è inviata all'ingresso di controllo del 555, ne consegue una modulazione della larghezza di ciascun impulso dell'onda quadra generata, così da ottenere (equazione 4-2) l'uscita desiderata.

R_7 è utilizzato come sensore di corrente. Quando la corrente del carico raggiunge il valore per cui, la caduta di tensione su R_7 provoca l'accensione di Q_3, Q_4 entra in saturazione, mette BASSO l'ingresso di reset del timer, azzerando così l'uscita del 555. Al verificarsi di questa situazione Q_4 viene spento e il temporizzatore riporta l'uscita ALTA.

Se si presenta un'ulteriore condizione di sovraccarico, sia Q_3 che Q_4 si accenderanno ancora e il temporizzatore si porterà a zero. Si ha così una reazione ad anello chiuso. Con un ingresso di 15V il circuito potrà fornire 10V, con una corrente di 100 mA e una regolazione della rete e del carico rispettivamente dello 0,5% e dell'1%.

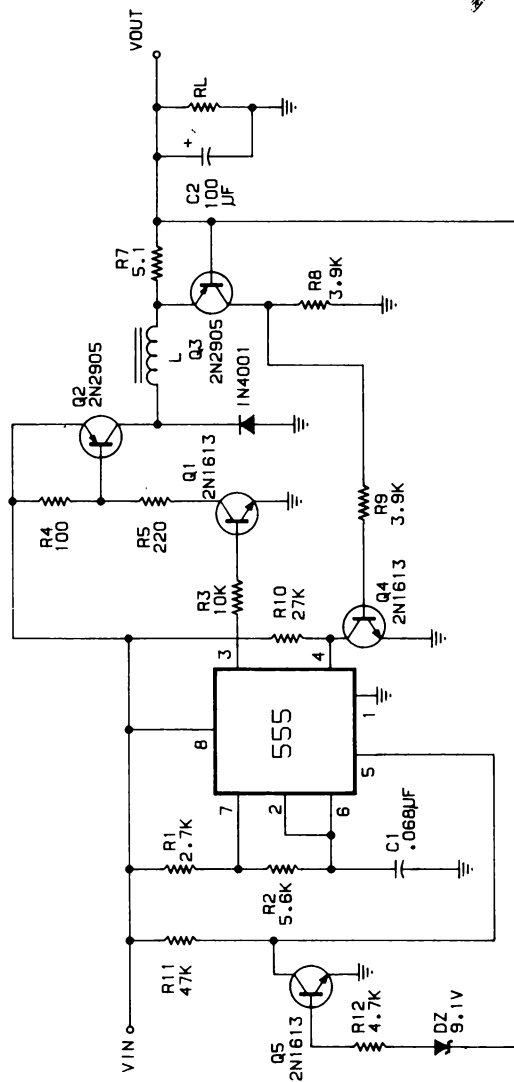



Figura 4-4. Da EDN, 5 Gennaio 1976; Copyright © Cahners Publishing Company, Inc. 1976.

CONVERTITORI CC-CC INVERTENTI

Per ottenere una uscita che abbia tensione negativa rispetto a massa (fig. 4-5) è sufficiente invertire la polarità dei diodi e dei condensatori presenti nella fig. 4-1

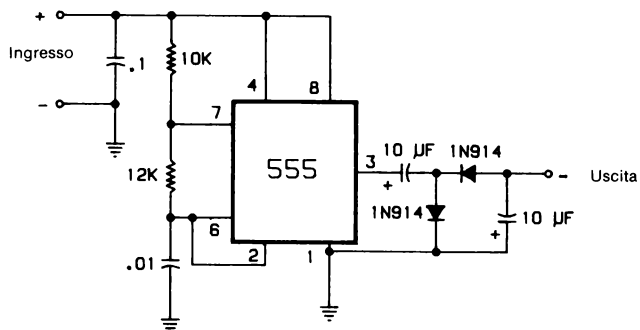



Figura 4-5

Se si aggiunge poi un transistore che permetta di controllare la tensione al piedino 5 si realizza un dispositivo con tensione d'uscita costante.

In fig. 4-6 il transistor Q_1 modifica la tensione di controllo del timer, provocando così una diminuzione o un incremento della frequenza d'uscita. R_3 è il carico di collettore di Q_1

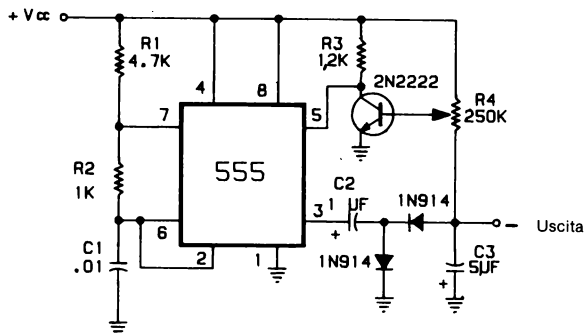



Figura 4-6. Da Electronics, 13 Maggio 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

la base del quale è pilotata da R_4, tarata in modo tale da realizzare una comparazione tra la tensione d'uscita e l'alimentazione. Se l'uscita diventa meno negativa la tensione di controllo si porta più vicino a massa e provoca un aumento della frequenza degli impulsi che caricano C_3. Se viceversa l'uscita diventa più negativa la tensione di controllo si avvinca a V_{cc} e diminuisce di conseguenza la frequenza d'uscita.

Il circuito base può essere ancora modificato con l'inserimento di una rete di reazione (fig. 4-7), col risultato di ottenere un'uscita di −15V con una regolazione dell'1% per corrente di carico inferiori a 30 mA. Quando l'uscita del timer diventa positiva, C_1 viene caricato attraverso D_1 mentre D_2 è polarizzato inversamente.

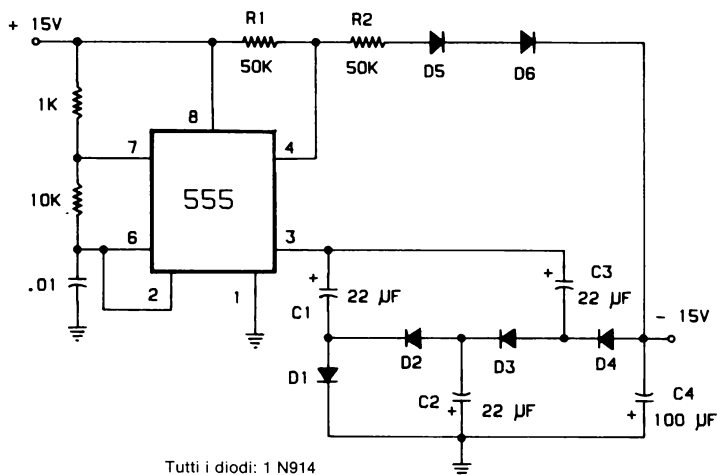



Figura 4-7. Da Electronics, 22 Agosto 1974; Copyright © McGraw-Hill Inc. 1974.

Quando l'uscita ritorna poi positiva C_3 viene caricato attraverso C_2 e D_3 cosicchè l'uscita assume il valore che è circa il doppio di quello dell'alimentazione, cioè 2 V_{cc}. Quando ridiventa negativa l'uscita del timer questa carica è trasferita a C_4 attraverso D_4 dando così luogo a un raddoppio della tensione d'uscita. Tale circuito quindi assorbe dall'alimentazione sia la corrente di source che quella di sink.

Senza il collegamento della reazione (realizzata con R_1, R_2, D_5 e D_6) l'uscita non caricata si porterebbe a circa −29V. Tuttavia queste combinazioni di resistenze-diodi mette sull'ingresso di azzeramento del timer circa 0,7V quando la tensione negativa d'uscita assume il valore pari in modulo a V_{cc}. Se l'uscita supera −15V il timer viene disabilitato e nessun segnale raggiunge il circuito duplicatore. Un unico potenziometro da 100 kΩ può sostituire R_1 e R_2 e si può in tal caso variare la tensione d'uscita.

Modificando gli elementi del circuito di reazione e della parte induttiva presenti nel circuito con polarità positiva di fig. 4-3 è possibile trasformare tale circuito (fig. 4-8)) in uno con uscita negativa. Allo spegnersi di Q_3 la corrente di commutazione dell'induttanza di 1 mH carica C così da produrre una tensione d'uscita negativa rispetto a massa. Tale tensione è portata a Q_1 attraverso D_{Z2} e R_4.

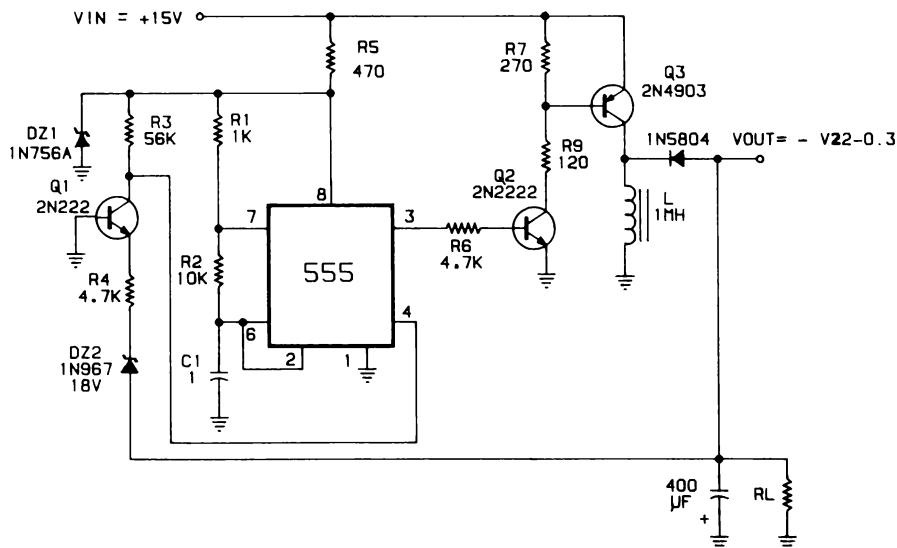



Figura 4-8. Da Electronics, 13 Novembre 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

Tutte le volte che l'uscita è più negativa di $-(V_{Z2} + 0{,}3)$ il reset del temporizzatore diventa BASSO e la tensione su C può diventare più negativa; la tensione d'uscita assume in questo caso il valore di $(V_{Z2} + 0{,}3)$. Per tale circuito la tensione negativa può essere in modulo maggiore, minore o uguale a quella di alimentazione.

UN CONVERTITORE CON DOPPIA POLARITA'

In alcuni campi d'applicazione i circuiti digitali TTL richiedono l'uso di amplificatori operazionali che di solito hanno ±15V di alimentazione mentre i dispositivi TTL utilizzano solo +5V. Il convertitore cc-cc a doppia polarità riportato in fig. 4-9 è in grado di fornire 10 mA di corrente a ±15V di tensione partendo da una tensione di alimentazione di +5V.

Con i componenti riportati in figura si ha, per il 555, una frequenza di 100 kHz con un duty cycle del 75%. L'uscita pilota Q_1, provocando la commutazione ON-OFF della corrente nel primario del trasformatore d'impulsi (che può essere per esempio un Pulse Engineering PE-3843 o uno dalle caratteristiche equivalenti).

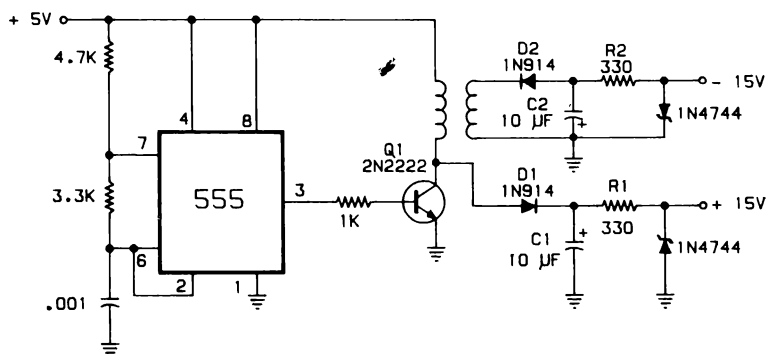



Figura 4-9. Da Electronics, 12 Giugno 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

Quando la corrente è OFF si presenta sul collettore di Q_1 un picco di circa 20V, che viene raddrizzato, filtrato e regolato a +15V.

Contemporaneamente si ritrova un picco di tensione sul secondario del trasformatore; a causa dell'isolamento della continua dato dal trasformatore, il terminale di quest'ultimo a tensione più alta può essere tranquillamente collegato a massa in modo che si forma un impulso negativo che raddrizzato, filtrato e regolato fornisce −15V.

CARICABATTERIE CON MONITOR

Il temporizzatore 555 può anche diventare il nucleo di un apparecchio automatico per caricare le batterie (fig. 4-10). Tale circuito serve a mantenere una carica completa in una batteria tampone di un apparecchio che è sempre collegato alla rete senza mai essere spento.

A cavallo del diodo Zener D_1 si ha la tensione di riferimento necessaria ai due comparatori cui è riportata attraverso la rete di resistenze interne; di conseguenza l'uscita del timer commuta tra +10V e massa.

Il circuito può essere tarato mettendo un generatore di tensione cc variabile al posto delle batterie al Nichel-Cadmio. Il potenziometro di "OFF" é tarato in base al valore a cui si desidera spegnere il circuito di carica (tipicamente 1,4V per elemento in batterie al NiCd) mentre quello di "ON" è regolato in base alla tensione cui si desidera l'accensione (tipicamente 1,3V per elemento).

La resistenza R_S mantiene la corrente al di sotto di 200 mA in qualunque condizione di lavoro. Il diodo D_2 impedisce invece lo scaricarsi della batteria attraverso il timer durante il periodo in cui quest'ultimo è OFF.

Figura 4-10. Da Electronics, 21 Giugno 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

CAPITOLO 5

MISURE E CONTROLLI

Questo capitolo è dedicato a quei circuiti, che utilizzino il timer 555, che servono al collaudo di dispositivi elettronici (eventualmente lo stesso 555) o di circuiti logici, o ancora di cavi a più fili. È dedicato poi a quei circuiti che servono a misure di grandezze come resistenze, capacità e induttanze e, a quelli che realizzano controlli, di temperatura, tachimetrici, di oscilloscopi e di display. Il capitolo descrive anche quei circuiti che costituiscono dei generatori di forme d'onda.

TESTER PASSA/NON PASSA

Ora che abbiamo già trattato di un certo numero di circuiti basati sul 555, in qualche lettore può essere nata la domanda se non è possibile collaudare tali circuiti senza dover usare un oscilloscopio o altri costosi strumenti. In effetti è possibile realizzare un circuito che svolga tale operazione: si tratta del circuito (fig. 5-1) PASSA/NON PASSA, un circuito che si dimostra particolarmente utile ove siano necessari collaudi di numerosi dispositivi.

Utilizzeremo il timer doppio 556: appena è applicata l'alimentazione, per iniziare i cicli entrambe le sezioni del 556 e il timer sotto esame sono portati nello stato ALTO. L'uscita di U_1, con i collegamenti tali da realizzare un elemento monostabile, disabilita il flip-flop per il primo intervallo di 2 secondi (fig. 5-2) in dipendenza da R_1 e C_1 secondo l'equazione 2-2. 3 secondi dopo che l'alimentazione è stata applicata, è l'uscita di U_2 che scende BASSA e blocca così ogni segnale del temporizzatore sotto test (U_3).

Il periodo tra i 2 e i 3 secondi è il tempo assegnato a U_3 per il completamento del suo ciclo, come viene indicato dall'uscita BASSA che accende il LED_2. Solo durante questo intervallo la transizione ALTO-BASSO di U_3 può sincronizzare il flip-flop in modo da accendere il LED_1. Il LED_2 è sempre acceso, così da indicare il completamento del test.

Figura 5-1. Da Electronic Design, 24 Maggio 1974; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1974.

Figura 5-2.

TESTER SONORO DI CIRCUITO APERTO

In fig. 5-3 è riportato un tester sonoro per rilevare circuiti aperti. Il 555 è collegato in modo da realizzare un multivibratore astabile con frequenza da 500 Hz a 2 kHz (equazione 3-4).

Figura 5-3.

Un altoparlante economico a magnete permanente da 8Ω, ricavato ad esempio da una vecchia radio, è accoppiato capacitivamente all'uscita del temporizzatore.

SONDE LOGICHE DIGITALI

Un problema abbastanza frustante per un appassionato sperimentatore è quello di dover verificare lo stato di dispositivi TTL o CMOS senza poter contare sull'ausilio di oscilloscopi sincronizzati. Riportiamo perciò in fig. 5-4 la descrizione circuitale di una sonda logica assai economica che permette di rilevare stati logici.

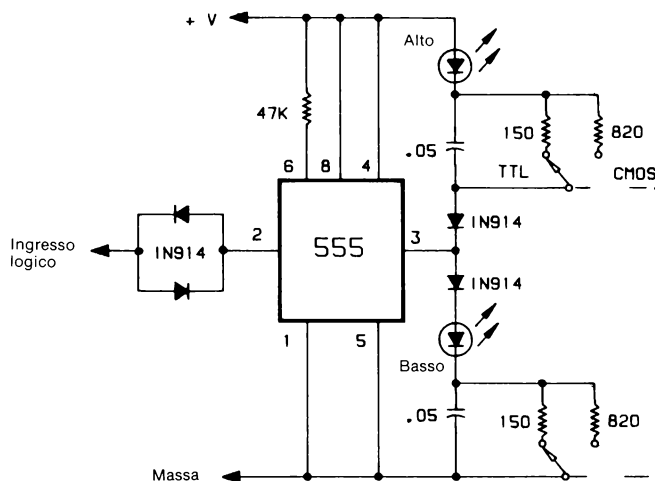



Figura 5-4. Da Electronic Design, 7 Luglio 1976; Copyright © Hayden Publishing, Inc. 1976.

Il segnale logico d'ingresso sincronizza il temporizzatore, con i due diodi che impediscono al segnale di portare l'ingresso del timer a V_{CC} o a massa. Il temporizzatore funziona così come un comparatore e l'uscita assume uno stato invertito rispetto a quello dell'ingresso.

I condensatori in parallelo alle resistenze serie di limitazione, lasciano passare impulsi di corrente ai LED durante la transizione tra i livelli logici: i brevi flash dei LED indicano così la presenza di impulsi di breve durata che non sarebbe altrimenti possibile rilevare. I diodi serie proteggono poi i LED da eccessive tensioni inverse durante la scarica dei condensatori. Senza grossi problemi la sonda è alimentata attraverso il generatore del circuito sotto esame.

Un'altra sonda può essere progettata (fig. 5-5) per indicare sia stati logici che impulsi.

Il sistema indicatore è formato da tre LED. Un LED rosso si accende per indicare uno stato logico 1, mentre un LED verde si accende per uno stato logico 0. In più un LED giallo si accende per la durata di circa 200 ms. per indicare un impulso, indipendentemente dalla sua durata. Questa realizzazione permette di osservare impulsi di breve durata che non sarebbero altrimenti visibili sui LED di stato logico 1 e 0.

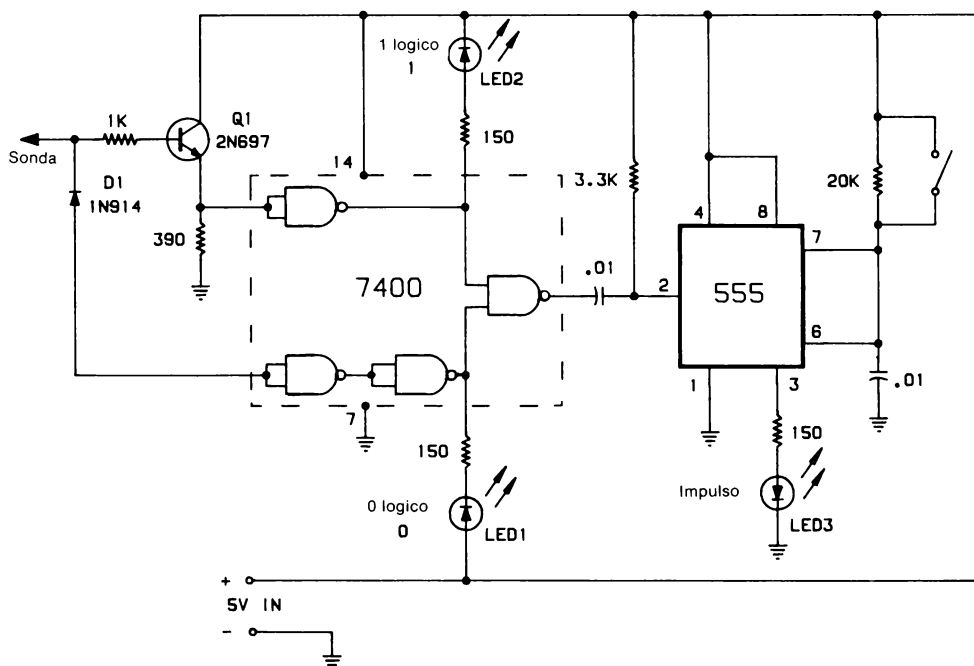



Figura 5-5.

Un interruttore sulla resistenza da 200 kΩ può essere utilizzato per mantenere il LED degli impulsi sempre acceso una volta che sia arrivato un impulso. Vediamo ora il funzionamento del circuito.

Per un segnale d'ingresso allo stato logico 0 sia il LED di 0 che il LED degli impulsi si accendono ma il LED degli impulsi si spegne dopo 200 ms. Per un segnale d'ingresso allo stato logico 1 si accenderà invece solo il LED di 1. Con l'interruttore chiuso il circuito indicherà se si è verificato un impulso con transizione negativa o positiva. Se l'impulso ha un fronte positivo rimangono accesi sia i LED di 0 che quello degli impulsi; analogamente per indicare una transizione negativa si accenderanno sia il LED di 1 che quello degli impulsi.

Abbiamo finora trascurato di considerare il caso di persone handicappate che non siano in grado di distinguere i colori o che abbiano limitate capacità visive.

Una semplice soluzione a questo problema si può avere utilizzando due 555 come oscillatori audio con tonalità diversa per indicare gli stati d'ingresso.

Per esempio uno 0 logico potrebbe dare una nota di 500 Hz mentre a un 1 logico potrebbe corrispondere una frequenza di 1kHz. È così sufficiente aggiungere al circuito della fig. 5-5 quello della fig. 5-6 che utilizza un timer doppio 556.

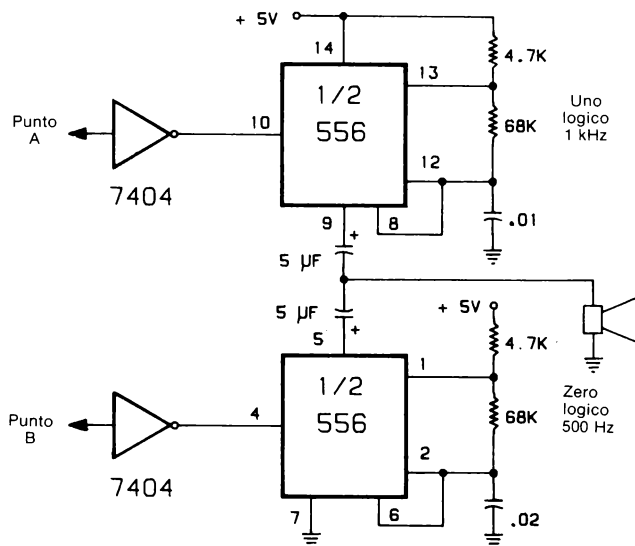



Figura 5-6.

TESTER PER CAVI A PIU' CAPI

Per il collaudo di cavi a più capi si può utilizzare il circuito di fig. 5-7 in cui sono presenti parecchi temporizzatori 555 e LED a doppia colorazione. È così possibile indicare quali linee sono aperte, quali in corto e quali buone. Poichè ogni linea è collaudata singolarmente, risulta facile l'individuazione del guasto e la sua successiva riparazione.

L'orologio del circuito è realizzato con numerosi 555 che funzionano come un temporizzatore ad anello. Quando si accende un timer in sequenza si ha che un impulso positivo è applicato a una delle linee sotto esame; per un massimo di quattro linee saranno per esempio richiesti cinque timer.

La parte restante del tester contiene gli indicatori a LED. Per ogni linea sotto esame è presente una coppia separata di transistor che pilotano un LED a doppia colorazione rosso-verde.

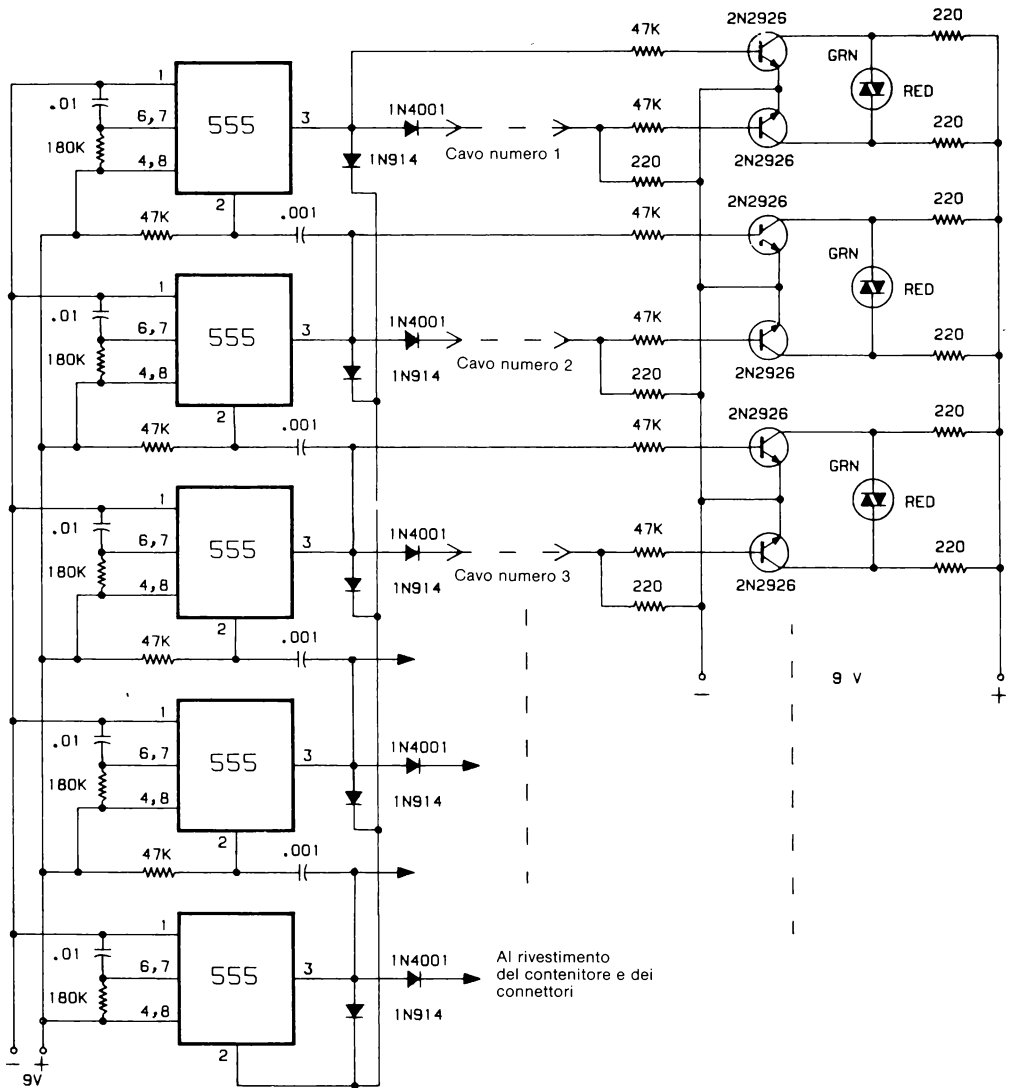



Figura 5-7. Da Electronics, 10 Maggio 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

Il LED rosso indica un cortocircuito mentre quello verde un circuito aperto. Ogni coppia di transistor funziona in modo differenziale: vengono sentiti gli impulsi ai due capi del cavo. Se è lo stesso impulso che è presente ai capi della stessa linea la coppia differenziale di transistor rimane bilanciata e il LED corrispondente non si accende. Viceversa se gli impulsi sono presenti solo dal lato orologio si ha uno sbilanciamento della coppia di transistor e viene forzata corrente nel LED verde a indicare che la linea è aperta.

Analogamente se un impulso è presente solo sul lato "indicatore" della linea la coppia differenziale pende verso l'altro lato, viene forzata una corrente inversa e il LED rosso indicherà la presenza di un corto-circuito. Se entrambi i LED rimangono spenti significa che la linea non ha guasti.

Ancora altri possibili guasti possono poi essere introdotti dai connettori presenti nei cavi (ad esempio dei corto-circuiti sull'involucro del connettore). Si può esaminare quest'ultima possibilità sfruttando l'ultimo temporizzatore. I valori dei componenti di temporizzazione mostrano che la larghezza dell'impulso è fissata a 2 ms., un periodo abbastanza breve tale da prevenire problemi di sfarfallio dei LED ma non tanto veloce da creare problemi di accoppiamento capacitivo su cavi lunghi fino a 150 metri.

DISPLAY PER OSCILLOSCOPIO

Per oscilloscopi economici, che mancano del sincronismo sulla scansione, il circuito di fig. 5-8 può rappresentare un utile accessorio.

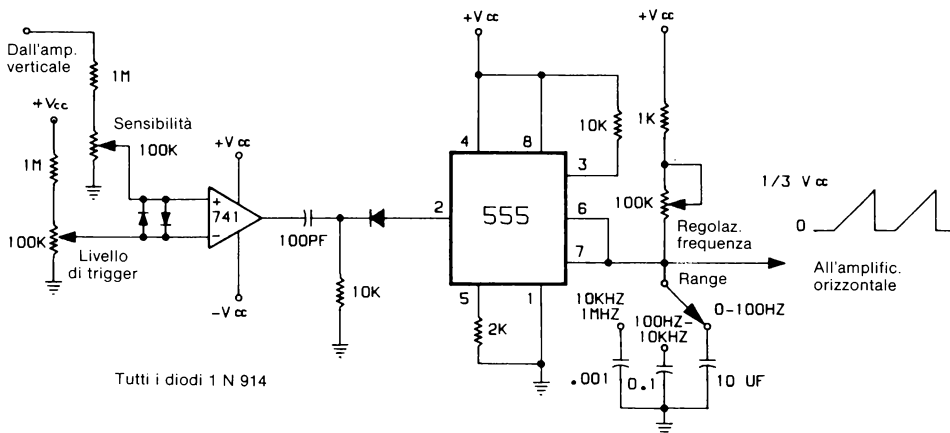



Figura 5-8. Da Electronics, 11 Ottobre 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

Quando un segnale d'ingresso proveniente dall'amplificatore dell'asse verticale raggiunge un valore superiore al livello di sincronismo del circuito si verifica una commutazione dell'amp. op. in conseguenza della quale l'uscita passa da $+V_{cc}$ a $-V_{cc}$. Tale variazione della tensione è sentita dal circuito di sincronismo del timer (pin 2) come un picco negativo: viene quindi posto a uno il flip-flop interno e spento il transistor di scarica.

Il condensatore di temporizzazione C, scelto tramite commutatore, può ora caricarsi in modo esponenziale attraverso R_4 finchè la tensione raggiunta non è pari a quella di controllo del timer, 2/3 di V_{cc}. Con i valori riportati la frequenza di scansione del sincronismo può variare da 1 Hz a 1 MHz.

Si verifica talvolta la situazione in cui due o più segnali analogici, entrambi riferiti a una medesima linea di terra, quando sono visualizzati contemporaneamente su uno oscilloscopio presentano delle forme d'onda difficilmente distinguibili l'una dall'altra. Questo succede soprattutto in presenza di segnali sfasati di un angolo inferiore a 90°. È possibile, allora utilizzando un temporizzatore 555, rappresentare uno o più segnali analogici con linee a tratti o punteggiate.

Con riferimento al circuito di fig. 5-9 si collega il timer in configurazione astabile. La posizione della traccia verticale del tubo è istante per istante determinata dalla somma delle cadute di tensioni presenti su R_4 e R_5.

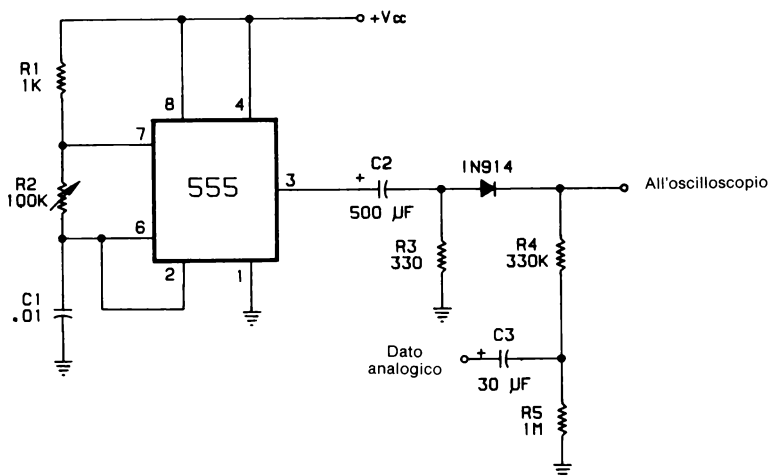



Figura 5-9. Da Electronics, 29 Aprile 1976; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1976.

Quando la tensione dell'onda quadra presente su R_4 è diversa da zero, la traccia è pilotata fuori dallo schermo, tale transizione non è visibile per normali intensità di traccia (fig. 5-10).

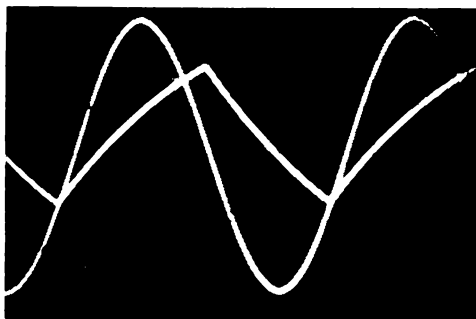
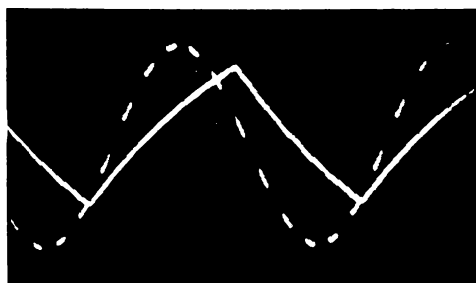
Si noti che l'alimentazione e di conseguenza la tensione d'uscita del timer devono essere maggiori del valore picco/picco del segnale analogico. Infine il timer deve avere, per dare un buon risultato, una frequenza almeno dieci volte superiore a quella del segnale d'ingresso.

Prima

Dopo

Figura 5-10.

FREQUENZIMETRI ANALOGICI E TACHIMETRI

Il timer 555 può essere utilizzato, unitamente a un galvanometro di d'Arsonval, per fornire una lettura diretta della frequenza di un qualsiasi forma d'onda. Il circuito base per tale realizzazione è riportato in fig. 5-11; il timer è utilizzato in configurazione monostabile. Se la forma d'onda d'ingresso non è un'onda quadra, la si deve far passare in un trigger di Schmitt, analogamente a quanto è stato detto nel capitolo 2.

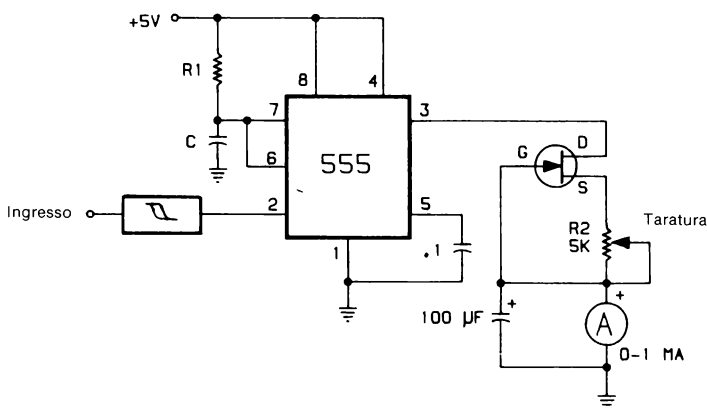



Figura 5-11.

Il circuito è tarato attraverso R_2, cosicchè alla frequenza di fondo scala si ha un duty cycle di circa il 40%. Il segnale d'uscita è poi integrato, ovvero mediato, dal galvanometro in modo da dare la deflessione massima di fondo scala.

Per frequenze inferiori a quelle di fondo scala il rapporto ON/OFF viene modificato secondo una relazione lineare, a frequenze minori corrisponde un minor valore letto della misura. Per esempio per frequenze fino a 1 kHz il periodo di fondo scala sarà di 1 ms. Il timer è quindi regolato in modo da dare 0,4 ms. di periodo (taratura della combinazione R_1 C). Si ha poi un'ulteriore taratura per ottenere nello strumento una corrente media di 1 mA, ovvero una lettura di fondo scala pari a "1000". Il periodo sarà abbastanza indipendente dall'alimentazione mentre non sarà tale la tensione applicata allo strumento. A tale scopo è quindi introdotto il FET che in questo circuito opera come un generatore di corrente costante e che fornisce quindi una corrente tarata costante indipendente dall'alimentazione.

In fig. 5-12 riportiamo un circuito, più versatile del precedente, che sfrutta il timer doppio 556. Oltre a permettere letture in un intervallo di frequenze dalla quasi continua a 50 kHz, tale circuito contiene anche un indicatore di fuori scala ("overrange"). La prima sezione del timer doppio (U_1) è utilizzata come monostabile, agganciata dalla frequenza d'ingresso. Per dare valori univoci di misura l'altra sezione sfrutta un altro monostabile per far accendere un indicatore luminoso tutte le volte che la frequenza dell'ingresso supera quella massima ammessa.

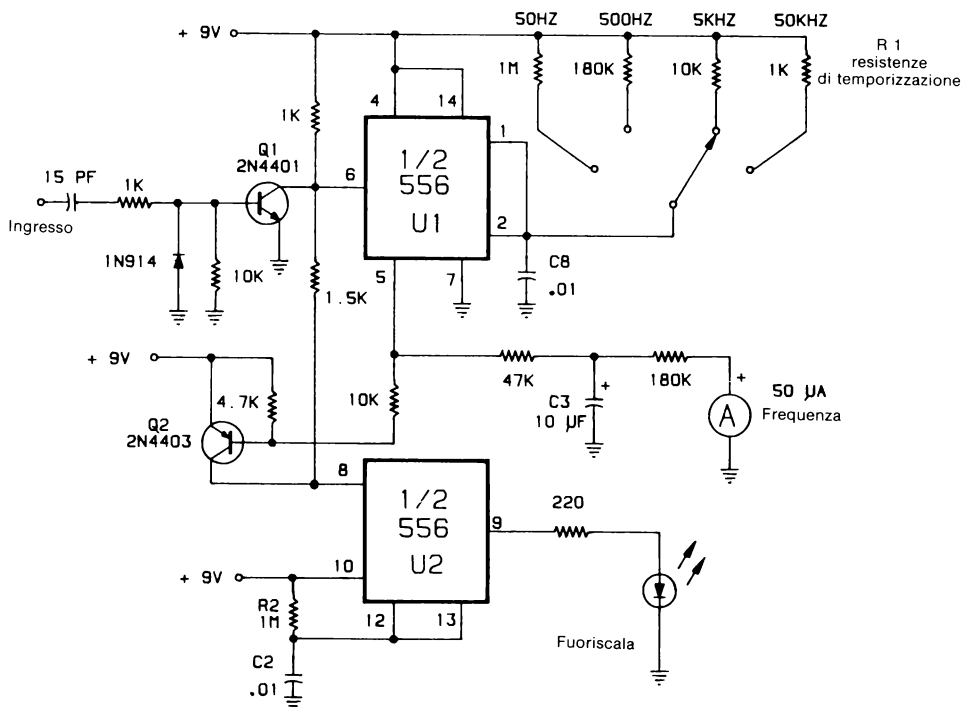



Figura 5-12. Da Electronics, 17 Aprile 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

Se in ingresso si ha una forma d'onda rettangolare gli impulsi vengono differenziati per ottenere i picchi negativi necessari per agganciare il timer U_1. Per segnali d'ingresso non rettangolari deve invece essere utilizzato come formatore, nella parte d'ingresso del circuito, un trigger di Schmitt. Quando il piedino di sincronismo di U_1 (pin 6) riceve un impulso, l'uscita (pin 5) si porta ALTA e fornisce così corrente per un periodo di tempo pari a $1{,}1 \times R_1 C_1$.

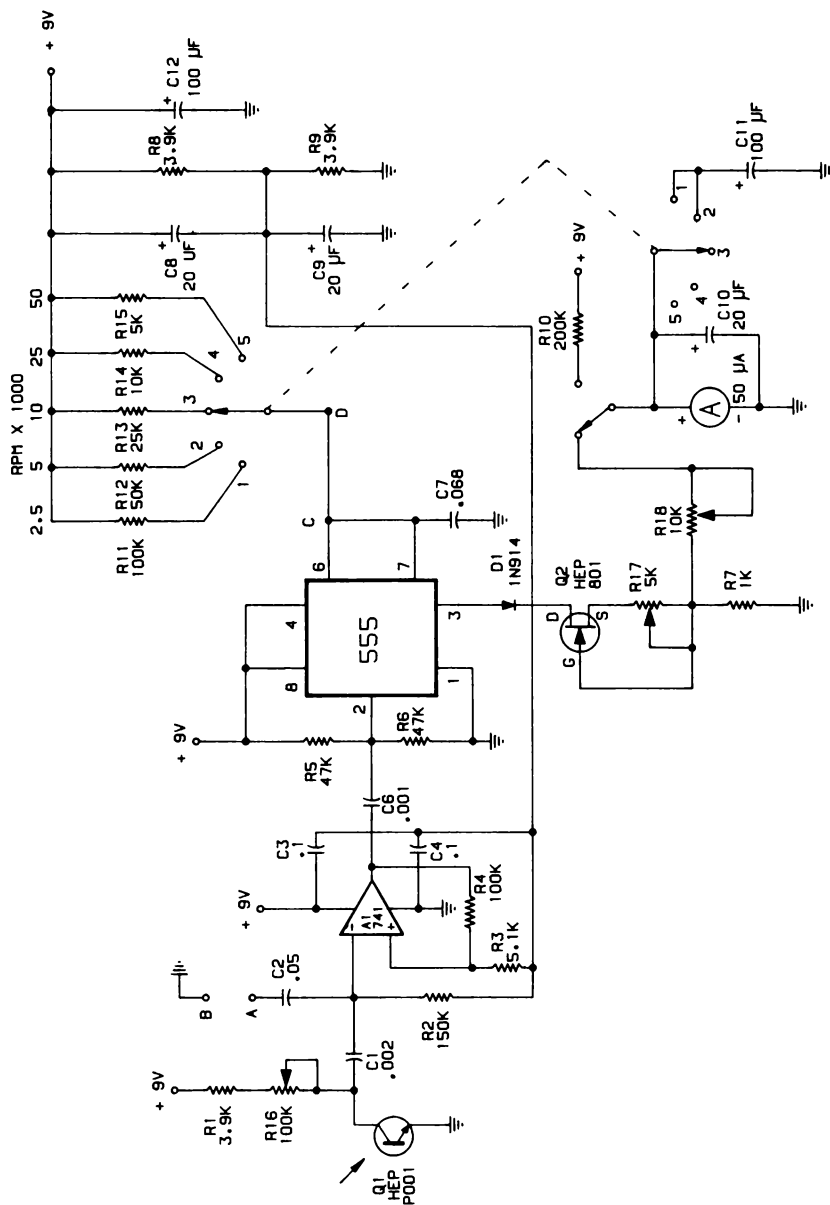



Figura 5-13. Copyright © 1974 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

Tale impulso d'uscita è così generato una sola volta per ciascun impulso d'ingresso.

Gli impulsi di corrente, tagliati da C_3, sono caratterizzati da un valore medio che è misurato appunto dal galvanometro. Alle basse frequenze gli impulsi d'uscita sono ben distinti, cosicché è piccolo il valore medio della corrente. Tuttavia per frequenze più elevate diminuisce l'intervallo libero tra gli impulsi e al fondo scala delle frequenze selezionate dal commutatore di scala il duty cycle è pari a circa il 95%. La corrente media risulta quindi proporzionale alla frequenza d'ingresso.

Se tale frequenza supera la scala dello strumento un impulso di sincronismo è generato quando l'uscita è ancora molto ALTA. Ne risulta che tale particolare ciclo non viene contato e la misura della frequenza diventa errata.

Al fine di indicare che impulsi di sincronismo si verificano mentre l'uscita di V_1 è ancora ALTA, l'uscita è collegata anche a Q_2 così quando il piedino 5 è BASSO Q_2 conduce e mantiene ALTO il piedino 8, e U_2 non può essere ulteriormente sincronizzato. Ma quando il piedino 5 è ALTO, Q_2 è spento e il picco negativo che raggiunge il pin 8 può contemporaneamente sincronizzare una uscita dal piedino 9, con la conseguenza di accendere un LED per un tempo pari a 1,1 R_2 C_2.

Per esempio quando il commutatore di scala è posto su 50 Hz qualunque frequenza d'ingresso tra la continua (quasi) e 50 Hz può essere letta correttamente, e 32 Hz sono quindi letti come 32 μA. D'altra parte frequenze superiori a 50 Hz agganciano il circuito di fuori scala provocando l'accensione del LED. Passando il commutatore a una scala superiore il LED rimane spento e la lettura è da considerarsi corretta.

Con l'aggiunta di un fototransistor il circuito di base della fig. 5-10 può essere utilizzato come tachimetro ottico nella misurazione del numero di giri effettuati da qualunque elemento che ruoti con velocità fino a un massimo di 50.000 rpm. Come riportato in fig. 5-13 gli impulsi di luce che incidono sul fototransistor Q_1 danno impulsi di tensione all'ingresso dell'amp. op. A_1 che è collegato come trigger di Schmitt. Gli impulsi uscenti da A_2 sono poi differenziati da R_6-C_6: si ottengono così i picchi negativi da applicare all'ingresso di sincronismo del timer. L'uscita del monostabile passa attraverso D_1 e rende attivo il generatore di corrente costante FET - R_{17}; gli impulsi ad ampiezza costante prodotti su R_7 sono mediati dal galvanometro da 50 μA. Per smorzare le vibrazioni dell'indice a un basso numero di giri viene aggiunto il condensatore C_{11}.

Nelle operazioni di taratura, si mettono dapprima R_{17} e R_{18} in posizione centrale e il commutatore di scala su 2500 r p m; si mette poi, ai capi di R_7, un voltmetro per misure cc. Dopo aver scollegato i punti C e D (v. schema) si regola R_{17} affinchè il voltmetro dia una lettura di 1V. Si rimette a posto il filo precedentemente sconnesso e si porta il commutatore a 10.000 rpm. Si applica quindi tra A e B un segnale sinusoidale da 120 Hz, 3V di picco, che corrisponde a 7200 rpm.

Da ultimo si verifica la reazione di una modulazione di basso livello a 120 Hz a sorgenti di luce a incandescenza spostando il fototransistor in direzione di una lampada da 50 o 75 watt mentre viene fatto variare su tutto il suo intervallo di scala il controllo di sensibilità R_{16}. Se lo strumento non rimane a zero in tutte le condizioni bisogna aumentare l'isteresi dell'ingresso portando R_3 a 10 kΩ. Parleremo più avanti (capitolo 7) dei tachimetri per automobili.

MISURE DI CAPACITA'

Richiamando alla memoria le prime nozioni di elettronica, si ricorderà che la carica presente sulle superfici di un condensatore vale la capacità moltiplicata per la differenza di potenziale:

$$Q = CV \quad \text{(Coulomb)} \tag{5-1}$$

Utilizzando il semplice circuito riportato in fig. 5-14, il condensatore di capacità non nota C_x, viene caricato attraverso R_1 e D_1 quando l'interruttore è aperto. Quando l'interruttore è chiuso C_x viene scaricato attraverso tale interruttore, D_2 e lo strumento.

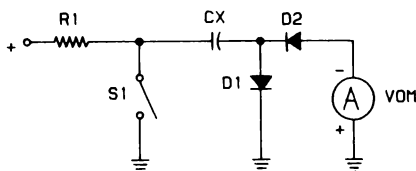



Figura 5-14.

Utilizzando un timer 555 e un tester (fig. 5-15) si sostituiscono l'interruttore, l'alimentazione e R_1 con un generatore di onda quadra.

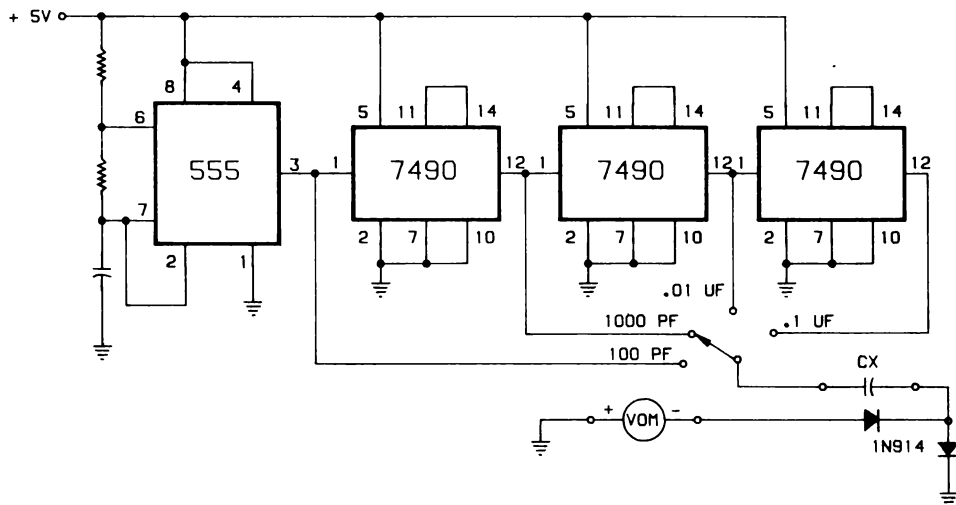



Figura 5-15.

Quando l'onda quadra generata dal timer è nella parte ALTA, C_x viene caricato a circa 3,4V, mentre durante la parte BASSA C_x si scarica come già descritto.

La frequenza (f) di clock del 555 determinerà la corrente di scarica attraverso lo strumento. Poichè, secondo la 5-1,

$$Q = C_x V$$

si ha che

$$fQ = f\, C_x V \qquad (5\text{-}2)$$

Ma la grandezza fQ è pari alla corrente media che scorre attraverso il condensatore

$$f\,Q = \frac{dQ}{dt}$$

$$= i$$

ovvero

$$i = f\, C_x V \qquad (5\text{-}3)$$

Se per esempio, il valore di 100 μA costituisce la scala più sensibile del tester, la frequenza di clock del 555 richiesta per dare una lettura di fondo scala di 100 pF vale, sistemando l'equazione 5-3

$$f = \frac{i}{C_x V}$$

$$= \frac{100\ \mu A}{(100\ pF)\ (3{,}4V)}$$

$$= 294\ kHz$$

Per valori di capacità più grandi è necessario diminuire la frequenza del clock, in modo digitale, per decadi, utilizzando contatori del tipo 7490. Poichè con il timer si può avere una frequenza massima dell'oscillatore di circa 300 kHz si ha quindi un limite inferiore, per i condensatori che possono essere misurati, di 100 pF.

Utilizzando un altro tipo di approccio, possono invece essere misurate capacità con valori compresi tra 1 pF e 1μF. Poichè per semplicità si utilizza come dispositivo di lettura uno strumento per cc, si richiede che esista una relazione lineare tra la capacità sconosciuta e l'uscita cc del circuito di misura. Come è illustrato nella fig. 5-16 il valore medio, ovvero cc, di una sequenza periodica d'impulsi è direttamente correlato al valore del duty cycle (equazione 4-2), ovvero

$$\text{Valore cc} = V_p \, (t_1/T) \tag{5-4}$$

Se il periodo T e l'ampiezza di picco V_p degli impulsi sono costanti, il valore cc sarà direttamente proporzionale alla parte t_1 del periodo T durante la quale il segnale è nel suo livello ALTO.

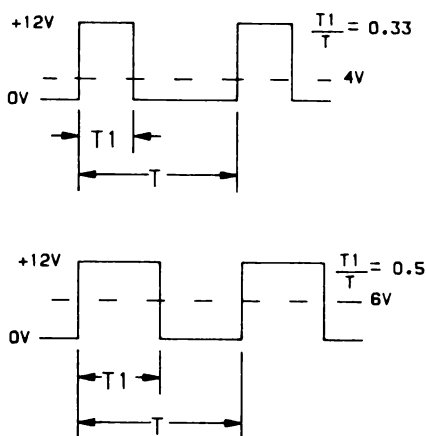



Figura 5-16.

Lo schema a blocchi di fig. 5-17 mostra come si può realizzare un sistema che funzioni secondo questo principio.

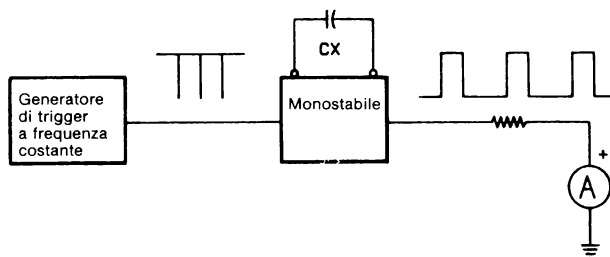



Figura 5-17.

Il trigger è costituito semplicemente da un generatore d'impulsi di frequenza fissa che genera brevi impulsi negativi. Ogniqualvolta si verifica un impulso il monostabile fa partire a sua volta un impulso la cui larghezza t_1 è determinata dal condensatore di valore sconosciuto C_x. Perciò tanto maggiore è il condensatore tanto maggiore sarà la larghezza dell'impulso. Uno strumento cc legge poi il valore medio della forma d'onda d'uscita. Ricordiamo che, come già precisato nel capitolo 2, la larghezza degli impulsi d'uscita non deve essere superiore all'intervallo intercorrente tra gli impulsi di sincronismo.

In fig. 5-18 è riportato un circuito, che si serve del timer 555, che realizza le funzioni che abbiamo appena descritto. Il generatore degli impulsi di sincronismo è realizzato con un transistor a giunzione singola programmabile ("Programmable Unijunction Transistor", PUJT) Q_1 e con un invertitore Q_2. Poichè la larghezza dell'impulso d'uscita del 555 vale 1,1 R C_X si può riscrivere l'equazione 5-4 come

$$\text{Valore cc} = \frac{1{,}1\ R\ C_X\ V_p}{T} \qquad (5\text{-}5)$$

Qualunque sia la posizione del commutatore di scala tutti i termini a destra, escluso C_x nell'equazione 5-5 sono costanti e noti.

È necessario effettuare un'operazione di taratura dello zero per le scale inferiori, poichè la capacità d'ingresso dei piedini 6 e 7 del 555 e ogni altra capacità spuria possono essere dell'ordine dei 25 pF. Potrebbe quindi venire generato un impulso d'uscita anche senza la presenza del condensatore da esaminare. Poichè la tensione continua presente sul condensatore sconosciuto arriva ai 2/3 di V_{cc} (ovvero 8V) i condensatori che devono essere misurati devono poter lavorare almeno a 8 V.

Visto che in questo libro si sta parlando del 555 o che, ancora meglio, ciascuno transistor PUJT può essere sostituito con un altro 555 o che, ancora meglio, ciascuno di essi può essere sostituito con ciascuna sezione del timer doppio 556 (fig. 5-19) che può rilevare differenze di capacità dell'ordine di 1 parte per milione a 10 nF. Con i valori riportati il circuito può determinare capacità nell'intervallo compreso tra 50 pF e 50 nF. Se si vuole si può ottenere una tensione analogica cc proporzionale alla differenza di valore delle capacità usando una porta OR esclusivo del tipo 7486, che dia la differenza tra le durate dei due impulsi, e un circuito integratore con amp. op. che converte tale differenza in un segnale analogico (fig. 5-20).

IL PONTE DI MAXWELL RLC E IL 555

Sono usualmente disponibili strumenti misuratori di resistenza e di capacità ma in genere non è facile misurare induttanze sconosciute di valore compreso tra 1 μH e 1 H. In un solo strumento il ponte di Maxwell dà la possibilità di misurare induttanze, capacità e resistenze. Il ponte di Maxwell usa inoltre pochi componenti, è semplice da tarare e soprattutto preciso.

Come con tutti i ponti per misurare in alternata, è necessario usare un generatore ca di frequenza nota, ed è in questo campo che viene utile il temporizzatore 555 (fig. 5-21). La maggior parte degli altri tipi di ponti di misura contengono, a differenza di quello di Mawxell, più di un elemento reattivo. In un intervallo prefissato, si può tarare R_A in modo da leggere direttamente i valori delle induttanze mentre per una determinata frequenza si può tarare R_C in modo da leggere il fattore di qualità Q.

Figura 5-18. Copyright © 1975 Communications Technology, Inc. (Per gentile concessione di Ham Radio Magazine).

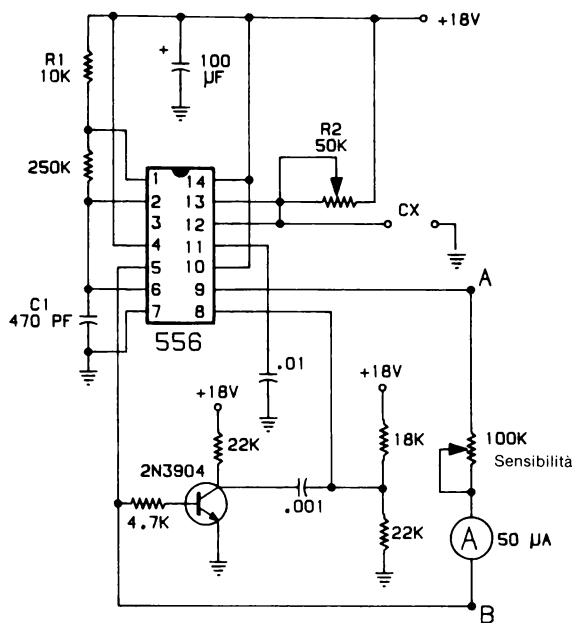



Figura 5-19. Da Electronic Design 1 Marzo 1976; Copyright© Hayden Publishing Company, Inc. 1976.

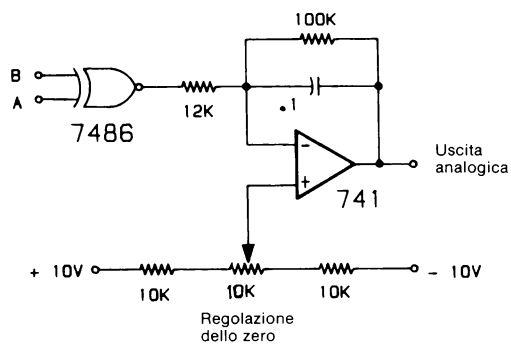



Figura 5-20.

Con riferimento alla fig. 5-21 che è adattata a misure d'induttanza,

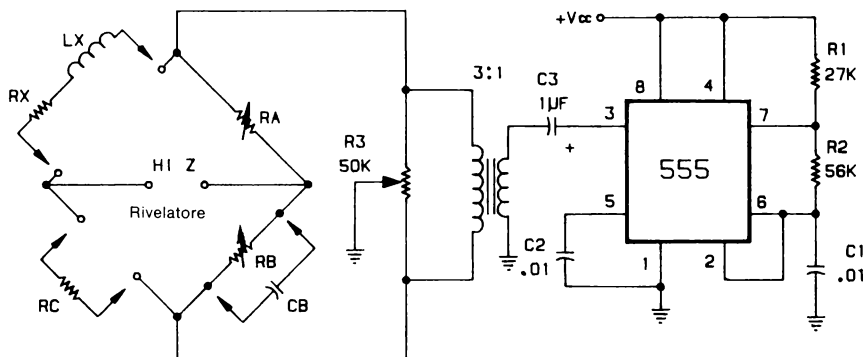



Figura 5-21. Copyright© 1976 Communications Technology, Inc. (Per gentile concessione di Ham Ragio Magazine).

e trascurando per il momento R_3, si ricava che l'equazione di bilanciamento del ponte vale

$$L_x = R_A R_C C_B \quad (5\text{-}6)$$

dove L è in mH, R in kΩ e C in μF. Per la resistenza serie dell'induttanza sconosciuta si ha

$$R_x = \frac{R_A R_C}{R_B} \quad (5\text{-}7)$$

Si trova allora per il fattore di qualità Q

$$Q = \frac{6{,}28 \, f \, L_x}{R_x} \quad (5\text{-}8)$$

Se si usa una induttanza nota al posto di L_x, si può determinare il valore di capacità

di un condensatore sconosciuto che sostituisca C_B, cosicchè

$$C_X = \frac{L_{nota}}{R_A R_C} \qquad (5\text{-}9)$$

Il temporizzatore è collegato in modo da dare un clock da 1 kHz come segnale ca. Il trasformatore che serve ad isolare la continua è del tipo audio con un rapporto 3:1 o inferiore. Il suo secondario è collegato con R_3 il cursore della quale è messo a massa. Tale sistema è detto "massa di Wagner" ed è utilizzato per bilanciare le capacità parassite interne nell'operazione di azzeramento.

Il bilanciamento iniziale è fatto prima con R_A, un opportuno valore di C_B e R_B. Viene poi regolata la presa a massa di Wagner per una maggiore accuratezza nello zero. La regolazione deve essere ripetuta fino a ottenere la migliore precisione. Riportiamo nella tabella 5-1 le scale di misura possibili con questo circuito.

Tabella 5-1

L (mH)	R (Ω)	C_B (μF)	R_C (Ω)
0,01 - 0,1	1 - 10	0,01	10
0,1 - 1,0	10 - 100	0,01	100
0,1 - 1,0	1 - 10	0,1	10
1,0 - 10	10 - 100	0,1	100
1,0 - 10	1 - 10	1,0	10
10 - 100	100 - 1000	0,1	1000
10 - 100	10 - 100	1,0	100
100 - 1000	100 - 1000	1,0	1000

GENERATORI DI FORME D'ONDA

Il più semplice generatore d'onda che si può realizzare con il timer 555 è un multivibratore astabile che presenta una uscita rettangolare, essendo variabili la frequenza e il duty cycle. Non tratteremo ora di questo tipo di generatore ne abbiamo già parlato nel capitolo 3.

Il timer 555 può poi essere utilizzato per generare forme d'onda a dente di sega non dipendenti dalla temperatura e lineari entro l'1%, (circuito di fig. 5-22). Collegando insieme i suoi ingressi di sincronismo e di soglia il timer funziona in modo astabile, l'abbiamo già visto. C_1 inizia a caricarsi attraverso R_1, R_2 e R_3 verso V_{cc}.

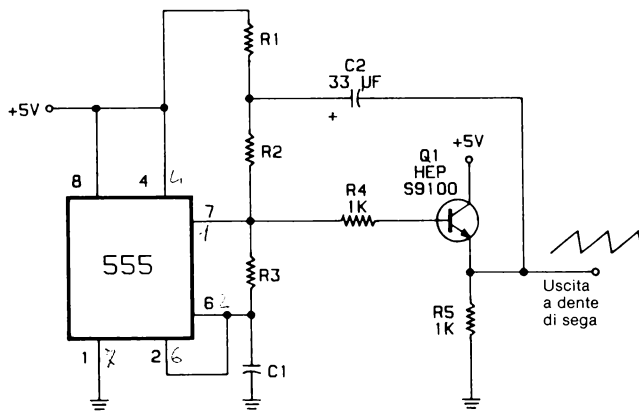



Figura 5-22. Da Electronics, 18 Marzo 1976; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1976.

In pratica la variazione di tensione che si verifica nel punto di giunzione tra R_2 e R_3 può essere assunta uguale alla variazione ai piedini 2 e 6. Tale variazione pilota un emitter follower la cui uscita è reazionata alla giunzione tra R_1 e R_2. Rimane così essenzialmente costante la caduta di tensione su R_2 durante l'intervallo di carica di C_1 e si ha un effetto di rampa lineare simile a quello che si avrebbe se una corrente costante fosse iniettata in C_1.

Quando il segnale a dente di sega lineare al piedino 6 ha raggiunto 2/3 V_{cc} il comparatore interno azzera il flip-flop del temporizzatore e viene iniziato un nuovo ciclo. R_3 è utilizzata per attenuare la pendenza discendente dell'onda, corrispondente all'intervallo di scarica. Le equazioni che regolano il sistema e che devono essere utilizzate per un progetto corretto sono:

$$R_1 = R_2$$

$$R_2 \geqslant 10\ R_5$$

$$R_3\ C_1 \geqslant 5\ \mu s$$

$$R_1\ C_2 \geqslant 10\ R_2\ C_2$$

cosicchè la frequenza del dente di sega vale:

$$f = \frac{1}{\{0{,}75\ (R_1 + R_2) + 0{,}693\ R_3\}\ C_1} \qquad (5\text{-}10)$$

Se è vero che generare onde triangolari con amp. op. è abbastanza facile, visto che si tratta semplicemente di integrare forme d'onda rettangolari, è anche però vero che per frequenze superiori a 10 kHz si verificano tagli nei picchi, a meno che non si faccia uso di dispositivi piuttosto costosi con un alto slew-rate. Con il circuito di fig. 5-23 onde triangolari dalla simmetria regolabile possono essere generate attraverso un processo di carica e scarica di un condensatore.

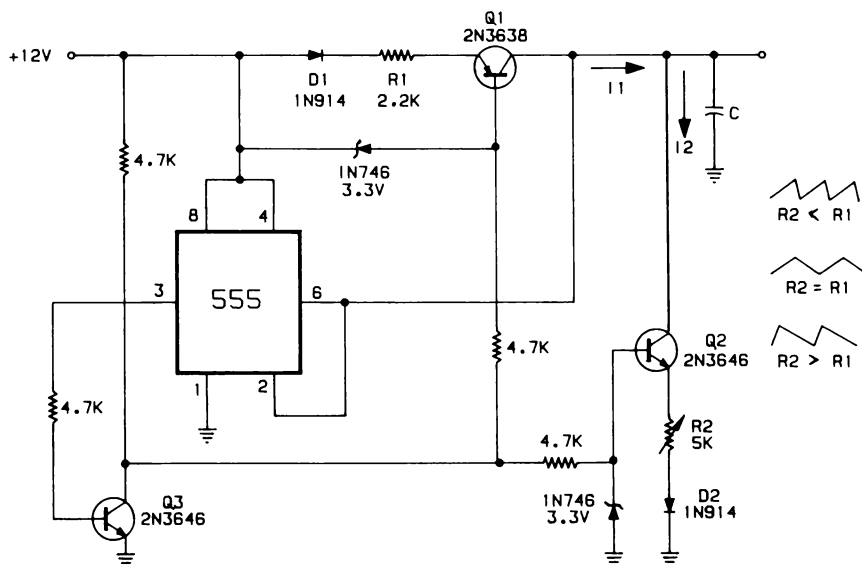



Figura 5-23. Da Electronics, 8 Gennaio 1976; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1976.

I transistor Q_1 e Q_2, con i rispettivi diodi, operano come generatore e assorbitore di corrente comandati da Q_3. Quando Q_3 è acceso, Q_1 è pure in conduzione e il condensatore C è caricato da una corrente i_1. La rampa di tensione che è presente su C è governata dalla relazione

$$\frac{d\,V_c}{dt} = \frac{i_1}{C} \qquad (5\text{-}11)$$

Cresce quindi la tensione su C finchè viene raggiunto il valore di $V_C = 2/3\ V_{CC}$; spegnendo Q_3 l'uscita del timer diventa BASSA. Il generatore di corrente Q_1 è reso inattivo mentre si accende Q_2 in funzione di assorbitore di corrente. Viene ora scaricato C dalla corrente i_2 finchè $V_c = 1/3\ V_{CC}$ e può ricominciare un nuovo ciclo. Con un'alimentazione di 12V la tensione d'uscita varia tra 4V e 8V. Con i valori riportati la frequenza della forma d'onda vale approssimativamente

$$f = \frac{75}{C} \qquad (5\text{-}12)$$

R_2 serve per la regolazione della simmetria in quanto controlla la velocità di scarica del condensatore attraverso i_2 (fig. 5-23).

Aggiungendo alcuni componenti (fig. 5-24) al circuito precedente è possibile ottenere un generatore sinusoidale ragionevolmente approssimato (fig. 5-25))

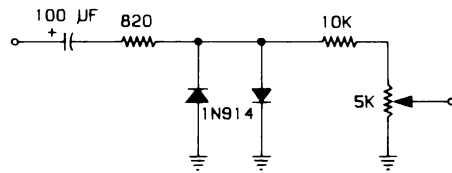



Figura 5-24.

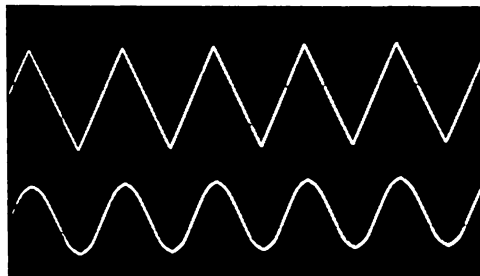



Figura 5-25.

Doppia è la funzione dei diodi: agganciano l'onda triangolare e determinano il livello dell'aggancio. Eventuali disparità nei livelli d'aggancio possono essere eliminate effettuando prove con differenti diodi, visto che alcuni diodi danno sinusoidi meglio approssimate di altri. Se necessario l'impedenza d'uscita del circuito coi diodi può essere abbassata a un valore di circa 1Ω utilizzando un inseguitore di tensione a amp. op. posto oltre il potenziometro da 5 kΩ.

MISURA E CONTROLLO DI TEMPERATURA

Per ora siamo giunti alla conclusione che il timer 555 è un dispositivo versatile quasi quanto un amp. op. Un ulteriore campo di applicazione può essere trovato, sfruttando le possibilità dei termistori, nella realizzazione di apparecchi di misura e controllo della temperatura.

In configurazione astabile il 555 può essere utilizzato per generare un'onda quadra dalla frequenza univocamente correlata alla temperatura. Sappiamo già che nella configurazione solita il circuito astabile realizzato con il 555 contiene due resistenze fisse. In figura 5-26 è riportato un circuito in cui una di queste resistenze è sostituita da un termistore R_T dal coefficiente di temperatura negativo in serie con una resistenza fissa, mentre al posto dell'altra è stato messo un transistor che si accende durante l'intervallo di carica del condensatore. Poichè la resistenza ON del transistor è pressochè nulla mentre quella OFF è altissima, si trova che le durate degli intervalli di carica e di scarica dipendono solo da R_T e da R_S. La frequenza di lavoro risulta essere quindi la stessa di quella riportata nell'equazione 3-9, con R_1 sostituito da (R_T+R_S), ovvero

$$f = \frac{0,722}{(R_T + R_S)\,C} \qquad (5\text{-}13)$$

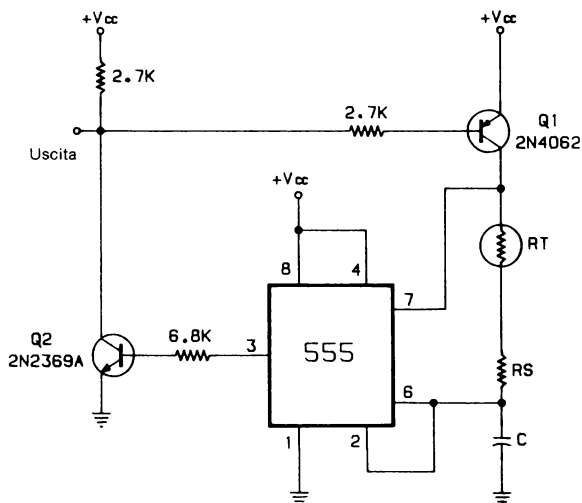



Figura 5-26. Da Electronics, 21 Giugno 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

Poichè tutte le tensioni di lavoro del timer 555 sono derivate da V_{CC}, si può utilizzare il comparatore-trigger interno per costruire, servendosi anche di un partitore termistore-resistenza, uno strumento per controllare la temperatura ambiente (fig. 5-27).

Quando la temperatura del termistore scende al di sotto di un certo valore, la tensione al piedino 2 cade al di sotto 1/3 V_{CC}, con il risultato di accendere l'elemento di riscaldamento controllato dal triac e di iniziare un nuovo ciclo. Quando poi la temperatura del termistore supera un certo valore prefissato, prima della fine del ciclo, l'elemento di riscaldamento viene spento al termine del ciclo; in caso contrario viene mantenuto acceso.

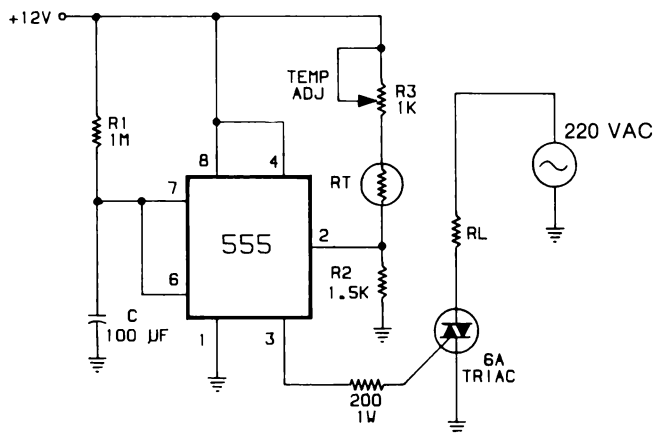



Figura 5-27. Da Electronic Design, 16 Agosto 1975; Copyright © Hayden Publishing Company Inc. 1975.

Posto che sia verificata la relazione

$$R_3 + R_T = 2\ R_2 \qquad (5\text{-}14)$$

si possono usare termistori di qualunque valore.

Se da un lato con valori più elevati di R_3 è possibile avere regolazioni più ampie, d'altra parte viene ridotta la sensibilità dell'apparecchio. Nella fig. 5-28 è riportato un altro circuito che può servire in controlli di temperatura, soprattutto in casi in cui ci siano termostati che devono mantenere la temperatura di un ambiente entro valori prefissati. Per il termostato la rete di partizione resistenza-termistore dà una tensione che è direttamente proporzionale alla temperatura. Al crescere di questa, l'uscita del timer è ALTA e la tensione all'ingresso di soglia, che è determinata dal partitore di tensione costituito da R_T, R_1, e R_2, cresce al diminuire di R_T.

Quando R_T raggiunge il valore di resistenza previsto per il punto limite di "caldo", R_{TH}, la relazione di partizione che serve per portare una tensione di 2/3 V_{cc} all'ingresso di soglia vale

$$\frac{R_{TH} + R_1}{R_{TH} + R_1 + R_2} = 0{,}5 \tag{5-15}$$

Quando tale livello è raggiunto da uno degli ingressi del comparatore si accende il transistor di scarica mettendo così R_3 in parallelo con $(R_1 + R_2)$.

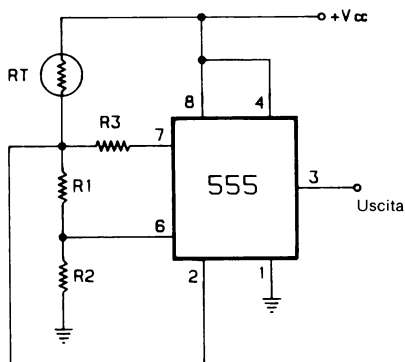



Figura 5-28. Da Electronics, 21 Giugno 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

Quando diminuisce la temperatura aumenta R_T cosicchè la tensione è ripartita tra R_T e R_3 in parallelo con $(R_1 + R_2)$. Quando R_T raggiunge il valore di resistenza del punto limite di "freddo", R_{TC}, il partitore dà una tensione di 1/3 V_{cc} al piedino 2.
La relazione di partizione diventa allora

$$0{,}5 = \{R_3 \parallel (R_1 + R_2)\} \,/\, \{R_{TC} + (R_3 \parallel (R_1 + R_2))\} \tag{5-16}$$

in cui $R_3 \parallel (R_1 + R_2)$ è uguale a $\{R_3 (R_1 + R_2)\} / (R_1 + R_2 + R_3)$.

Utilizzando un termistore standard di cui sia nota la caratteristica della resistenza in funzione della temperatura, si possono trovare i valori richiesti per R_1, R_2, e R_3 a partire dal rapporto $R_{TC}/R_{TH} = \alpha$.
Se $\alpha \geqslant 2$, allora

$$R_1 = (0{,}5\ \alpha - 1)\ R_{TH} \quad (5\text{-}17)$$

$$R_2 = \alpha\ R_{TH} \quad (5\text{-}18)$$

$$R_3 = (3\alpha^2 - 1)\ R_{TH} / (4\alpha - 2) \quad (5\text{-}19)$$

Se $\alpha < 2$ invece

$$R_1 = 0 \quad (5\text{-}20)$$

$$R_2 = 2\ R_{TH} \quad (5\text{-}21)$$

$$R_3 = 2\ R_{TH}\ R_{TC} / (2R_{TH} - R_{TC}) \quad (5\text{-}22)$$

Per evitare che disturbi possano sincronizzare fuori tempo il temporizzatore è utile mettere dei condensatori a disco da 0,01 μF ai piedini 2 e 6.

ALTRI CIRCUITI DI CONTROLLO

Si può controllare la luminosità di un indicatore a LED o di un display a sette segmenti variando semplicemente la tensione di alimentazione; con questo sistema si ha però lo svantaggio di sprecare potenza. È possibile dare una miglior soluzione a questo problema: basta accendere e spegnere assai rapidamente il display, regolando il rapporto tra il tempo di OFF e il tempo di ON in modo da ottenere il duty cycle desiderato. Come abbiamo già detto, la tensione media, e di conseguenza la luminosità media del display, dipenderà dal valore del duty cycle mentre durante i periodi OFF non si consumerà potenza (equazione 4-2).

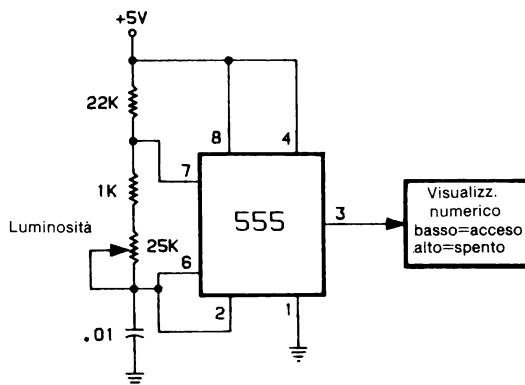



Figura 5-29.

Nella figura 5-29 si vede come si può usare un temporizzatore 555 per passare da un duty cycle del 50% a uno del 99%. Sfruttando l'intervallo in cui l'uscita è BASSA per accendere il display e avendo la luminosità massima per un duty cycle del 50% si può controllare la luminosità praticamente da tutto spento fino al valore massimo.

D'altra parte la luminosità di un LED può essere fatta variare automaticamente cambiando l'uso di una fotocellula al solfuro di Cadmio con un timer 555 in configurazione di astabile con impulsi modulabili in durata. Il circuito di fig. 5-30 ripresenta la solita realizzazione astabile; la fotocellula sostituisce però uno dei transistor di temporizzazione e il diodo D_1 serve a scavalcare l'altra resistenza di temporizzazione durante la carica del condensatore. Di conseguenza il duty cycle massimo è portato oltre il valore normale del 50% e si può così ottenere un display più luminoso.

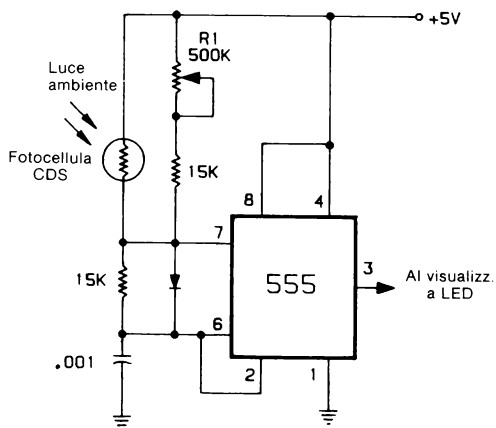



Figura 5-30. Da Electronics, 26 Dicembre 1974; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1974.

Poichè con l'aumentare dell'intensità della luce ambiente diminuisce la resistenza della fotocellula, viene corrispondentemente incrementato il duty cycle e, come già abbiamo detto, controllare il valore del duty cycle (periodo di ON) equivale pari pari a controllare la luminosità del dispositivo.

Il 555 può anche servire come interruttore bistabile controllato da un paio di fotocellule (fig. 5-31). Se si usano sorgenti di luce esterne è possibile usare questo circuito in un'infinità di applicazioni di controlli a distanza.

Se volete, ad esempio, potete anche usarlo per farvi accendere il fornello per scaldare la pentola del caffè al mattino quando sorge il sole. Dal punto di vista del funzionamento notiamo che una luce incidente sulle fotocellule provoca la commutazione dell'uscita 555 da un livello ALTO a un livello BASSO. Se all'inizio ci si trovava in una posizione di ALTO, la luce incidente su PC_1 genera un impulso sull'ingresso positivo il quale, a sua volta, fa commutare il timer.

Il 555 attraverso un optoisolatore, che serve a isolarlo dalla tensione di rete, comanda un TRIAC che viene acceso e porta l'alimentazione c.a. al carico. All'arrivo della luce incidente su PC_2 si sarebbe invece verificato il contrario se il timer si fosse trovato inizialmente nello stato BASSO. Le resistenze R_1 e R_2 servono a bilanciare le caratteristiche delle due fotocellule e possono essere tranquillamente eliminate se queste sono già bene adattate.

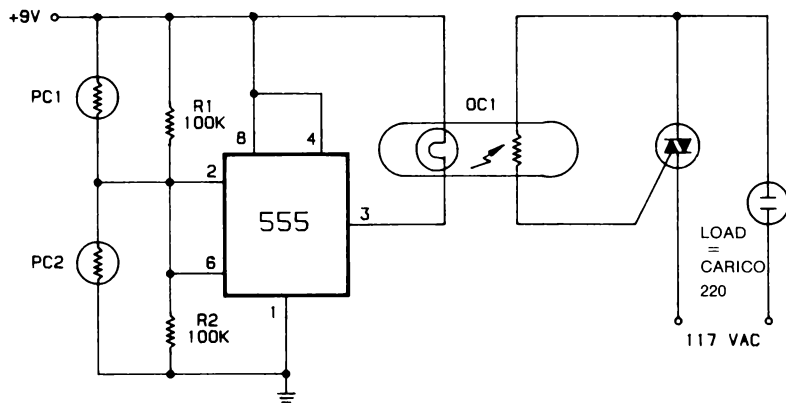



Figura 5-31. Copyright © 1976 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

In fig. 5-32 riportiamo un'altra configurazione bistabile, in cui il nostro timer lavora come un FLIP-FLOP per componenti logici, stadi pilota TTL e display. Quando scende ad un livello BASSO (in pratica si dice che è attivo BASSO) l'ingresso di sincronizzazione porta il timer nello stato ALTO.

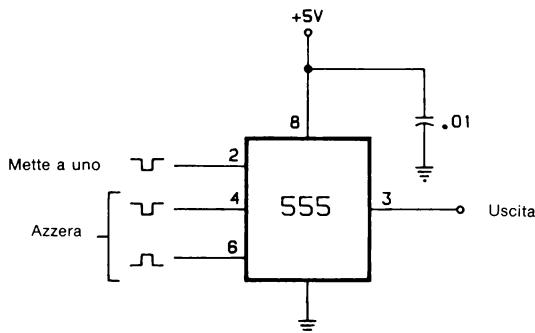



Figura 5-32.

Il pin 4 realizza una funzione di azzeramento (anch'esso è attivo BASSO); la stessa funzione è effettuata anche dal piedino di soglia ma attraverso un livello alto (attivo ALTO). È possibile utilizzare entrambi gli ingressi di reset o uno solo di essi; l'altro verrà in quest'ultimo caso collegato stabilmente al proprio livello non attivo. Riportiamo nella tabella 5-2 i valori dell'uscita del timer per le diverse configurazioni degli ingressi. Abbiamo però visto (capitolo 1) che esistono piccole variazioni circuitali tra i 555 di differenti produttori. Come si vede in tabella tali differenze si ripercuotono anche sul comportamento dell'uscita dei timer: in particolare si può notare che l'ingresso di soglia si impone sull'ingresso di trigger nel tipo LM 555 H della National mentre il contrario si verifica per il NE555 V della Signetics.

Tabella 5-2

INGRESSI				USCITA	
Pin 4 (reset) (attivo BASSO)	Pin 6 (Soglia) (attivo ALTO)	Pin 2 (Trigger) (attivo BASSO)		National LM555H	Signetics NE555V
⊔	0	1		azzera (⌉)	azzera (⌉)
⊔	1	1		0	0
⊔	0	0		⊔	⊔
⊔	1	0		0	
1	⊓	1		azzera	azzera
1	⊓	0		⊔	1
0	⊓	1		0	0
0	⊓	0	0	0	0
1	0	⊔		mette a uno (⌈)	mette a uno (⌈)
1	1	⊔		0	
0	0	⊔		0	0
0	1	⊔		0	0

Da Electronics, 19 Febbraio 1976; Copyright© McGraw-Hill, Inc. 1976.

Mettendo in cascata qualche monostabile 555 si può avere un dispositivo generatore di sequenze con il quale si può controllare lo svolgimento di un certo numero di operazioni sequenziali. Seguendo la figura 5-33, si vede che il primo timer è fatto partire mettendo a massa per breve tempo l'ingresso di trigger (pulsante) con un impulso della durata di 1,1 R_1C_1. Terminato questo ciclo viene innescato il temporizzatore successivo e così via.

In fig. 5-34 è presentato invece un circuito più efficiente che utilizza un solo 555. Il 555 in configurazione astabile invia un treno d'impulsi a un contatore decimale 7490 che conta gli impulsi in arrivo e presenta un valore decimale (da 0 a 9) in forma binaria a un decodificatore BCD/decimale.

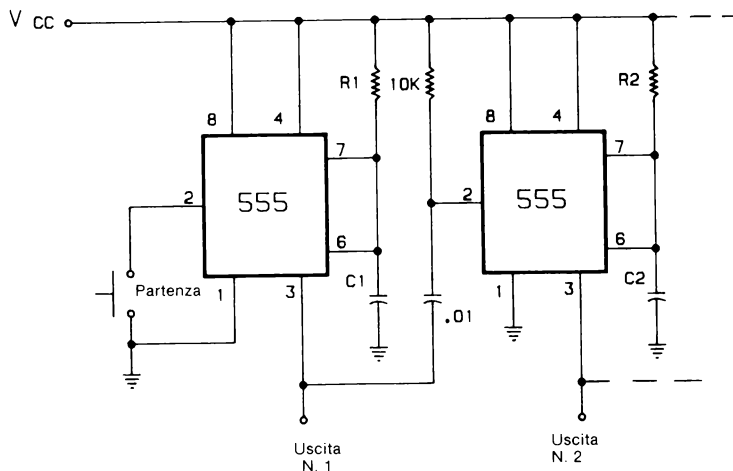



Figura 5-33.

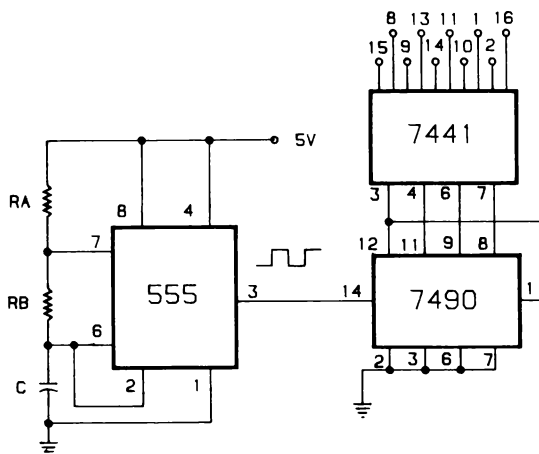



Figura 5-34. Copyright © 1976 Ziff-Davis Publishing Company (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

Numerosi esperimenti nel campo delle scienze comportamentali servono a studiare i tempi di reazione di cavie da laboratorio attraverso apparecchi che fanno partire ed arrestare un qualche dispositivo di temporizzazione, ad esempio un orologio digitale. Per un controllo "al tatto" (touch control) si può usare il semplice circuito di fig. 5-35. Si tratta di un banale multivibratore monostabile senza resistenze di temporizzazione. Toccando o sfiorando una piastrina di metallo si fa partire il timer ma non essendo presenti resistenze esterne l'uscita è indefinitamente memorizzata ALTA. Con un impulso negativo sul piedino 4 si può azzerare il circuito.

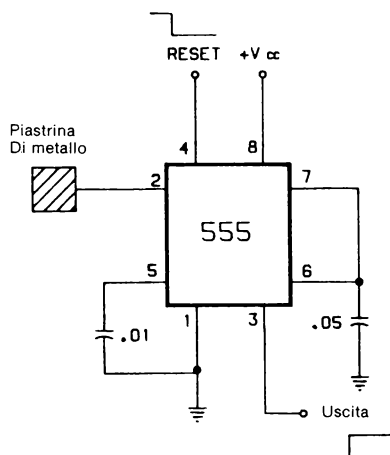



Figura 5-35.

Cosa abbastanza strana, si può usare il 555 anche come stadio pilota a corrente media di una linea di trasmissione, con uscita invertente o non invertente. La corrente assorbita o generata, arrivando fino a un massimo di 150 mA (fig. 5-36), è sufficiente a pilotare linee sia singole che bilanciate che si interfacciano con optoisolatori (fig. 5-37).

Poichè all'interno del 555 è contenuto un comparatore il timer può anche essere contemporaneamente usato come traslatore di livello. Ad esempio se l'ingresso riceve un segnale di +5V si può avere un'escursione di 12V in uscita sulla linea.

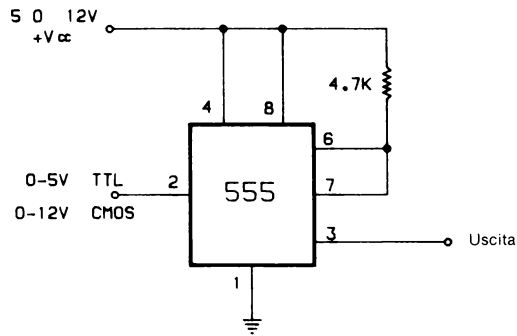
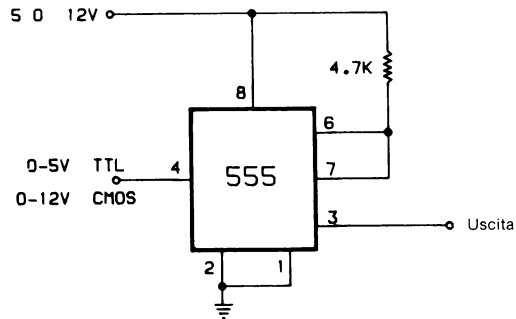
Del resto il 555 diventa anche un dispositivo sensore di livello: basta mettere sull'ingresso un integratore RC e si realizza un ricevitore di linea praticamente immune al rumore con un'alta impedenza d'ingresso e che non richiede particolari stadi pilota dal lato trasmettitore. Se ci si serve del circuito di fig. 5-38 è sufficiente un solo filo anche non schermato per portare il segnale.

Uscita invertente

Uscita non invertente

Figura 5-36. Da Electronic Design, 19 Gennaio 1976;
Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1976.

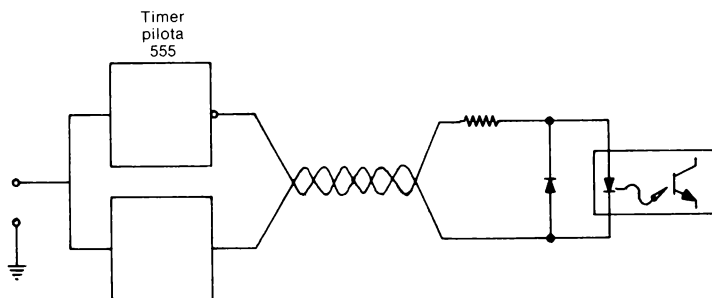



Figura 5-37. Da Electronic Design, 19 Gennaio 1976; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1976.

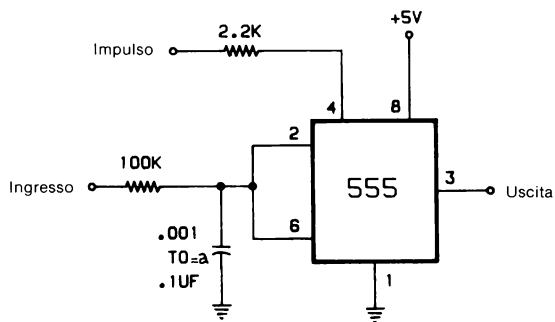



Figura 5-38. Da Electronics, 21 Giugno 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

CAPITOLO 6

COME GIOCARE CON IL 555

Presenteremo in questo capitolo numerosi circuiti che vi aiuteranno quando foste indecisi in qualche scelta, altri che svilupperanno il vostro senso del tempo e altri ancora che aumenteranno il vostro spirito di competizione.

UN SOSTITUTO DELLA MONETINA DA TIRARE IN ARIA

Il semplice circuito di fig. 6-1, una "monetina elettronica" (testa o croce) da tirare in aria, può venire utilizzato anche come strumento decisionale "ad alto livello" in modo da avere risposte "SI" o "NO". Il timer è utilizzato come oscillatore in configurazione astabile con l'uscita portata a un flip-flop TTL tipo 7473. Il flip-flop accende e spegne alternativamente due LED. Quando viene premuto il pulsante di "DECISIONE" i LED lampeggeranno a una frequenza di 2 kHz: il nostro occhio li vedrà in realtà entrambi accesi in quanto non riesce a seguire tale frequenza di commutazione. Ad un certo istante, viene rilasciato il pulsante e un solo LED rimane acceso. Si è cosí realizzata una scelta, del tutto casuale, dipendente dall'istante in cui è stato rilasciato l'interruttore.

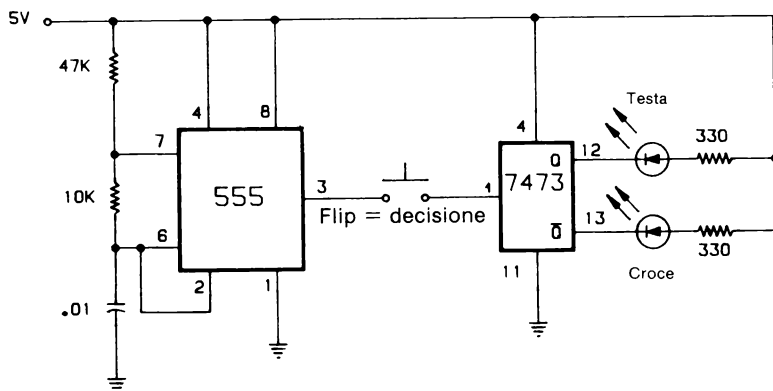



Figura 6-1.

GIOCHI DA CASINO'

Volendo partecipare a giochi tipo casinò in un'atmosfera adatta dovreste viaggiare un bel pò e andare in posti tipo Las Vegas, Londra, Montecarlo, tanto per dirne alcuni.

Non è in nostra facoltà il portarvi in tali località sfruttando solo le possibilità del 555; discuteremo quindi di qualche circuito che vi permetterà invece di tentare la fortuna a casa vostra. Un gioco d'azzardo tra i più vecchi e più diffusi di quelli giocati con i dadi è il CRAPS. Con un 555 e un pò di circuiti integrati (fig. 6-2) si può fare qualcosa che dia le stesse configurazioni che si leggono sui soliti dadi.

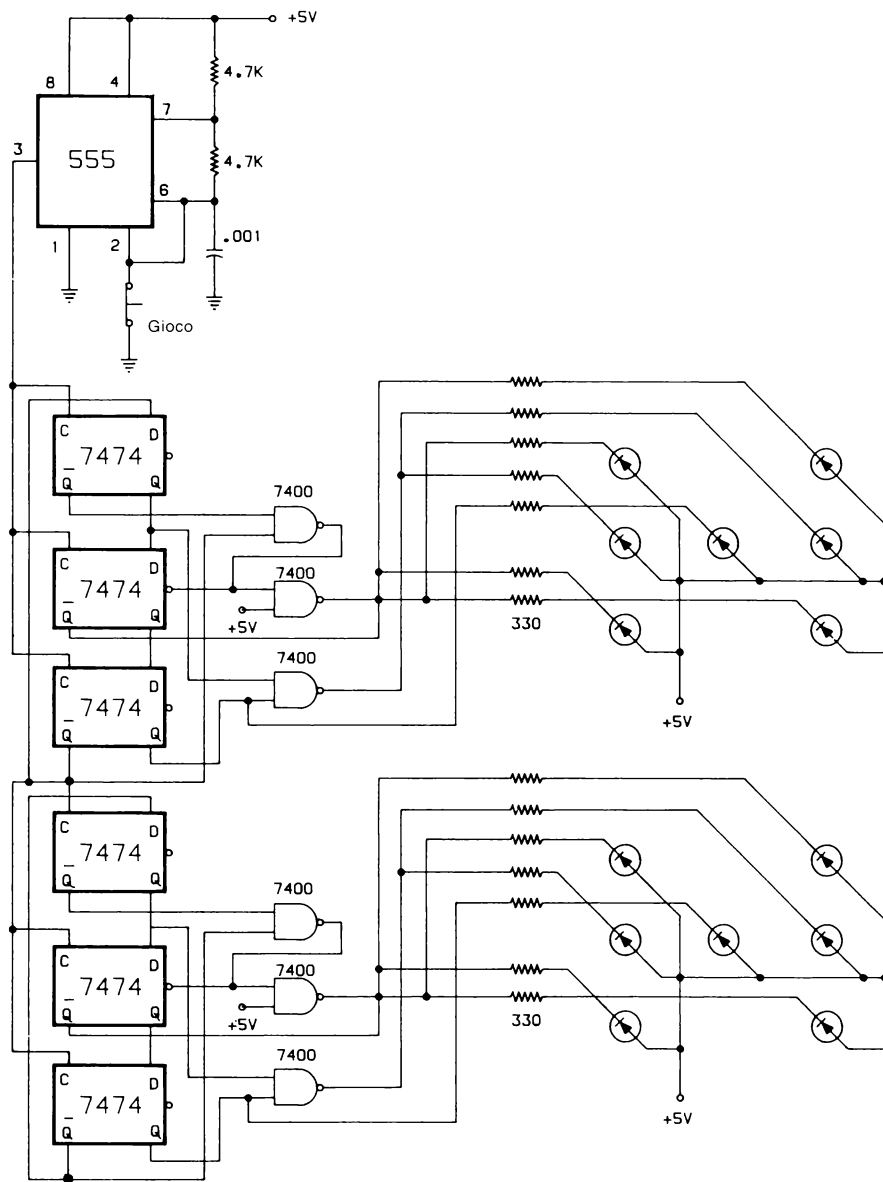



Figura 6-2.

Il circuito è realizzato con due contatori per sei in cascata, ciascuno decodificato opportunamente. Il circuito astabile ha una tale frequenza di commutazione (circa 100 kHz) che, nell'istante in cui viene premuto il pulsante di GIOCO il primo contatore, farà parecchie centinaia di cicli. Contemporaneamente anche il secondo contatore girerà un bel pò di dozzine di volte: il risultato sarà quindi del tutto casuale.

Se invece preferite la roulette vi interesserà di più il circuito di fig. 6-3. Fondamentalmente utilizza una serie di registri a "shift" (trasferimento) che pilotano 38 LED secondo l'ordine circolare riportato nella tabella 6-1. Si usano LED verdi per i numeri 0 e 00 mentre i LED rossi e quelli gialli sostituiscono rispettivamente i numeri rossi e neri della roulette. Il tappeto per le puntate della roulette è schematizzato nella fig. 6-4 mentre la tabella 6-2 indica le giocate possibili e l'ammontare delle vincite per ogni giocata.

Tabella 6-1

Successione ↓		→	↑
	1 (R)		2 (B)
	13 (B)		14 (R)
	36 (R)		35 (B)
	24 (B)		23 (R)
	3 (R)		4 (B)
	15 (B)		16 (R)
	34 (R)		33 (B)
	22 (B)		21 (R)
	5 (R)		6 (B)
	17 (B)		18 (R)
	32 (R)		31 (B)
	20 (B)		19 (R)
	7 (R)		8 (B)
	11 (B)		12 (R)
	30 (R)		29 (B)
	26 (B)		25 (R)
	9 (R)		10 (B)
	28 (B)		27 (R)
↓	0 (G)	→	00 (G)

Rosso (R)
Nero (B)
Verde (G)

5V
150
"0"
"00"
"36"
1K
Gira
N.O.
10K
.22
555
8
4
7
6
2
1
3
7473
7473
7473
J
Q
K
T
$\overline{Q}$
7404

Figura 6-3.

Figura 6-4.

Tabella 6-2

Giocate	Ammontare delle vincite rispetto alla giocata
Rosso o nero	1 a 1
Pari o dispari	1 a 1
Alto-basso: 1-18 o 19-36	1 a 1
Dozzine: prima, seconda, terza	2 a 1
Colonne: 1-34, 2-35 o 3-36	2 a 1
Gruppi di sei: 1-6, 7-12, 13-18 ecc.	5 a 1
Gruppi di cinque: 1, 2, 3, 0 e 00	6 a 1
Spigolo: quattro numeri adiacenti es. 5,6,8,9	8 a 1
Righe: 1÷3, 4÷6, 7÷9 ecc.	11 a 1
Split: due numeri adiacenti ovvero 0-00	17 a 1
Straight-Up: un solo numero	35 a 1

COME VERIFICARE IL PROPRIO SENSO DEL TEMPO

Per realizzazione di un test sulla capacità di valutare sequenze temporali si può usare il circuito della fig. 6-5 che fa lampeggiare un LED ogni secondo e mezzo. Schiacciando un pulsante al momento giusto il LED rimarrà acceso.

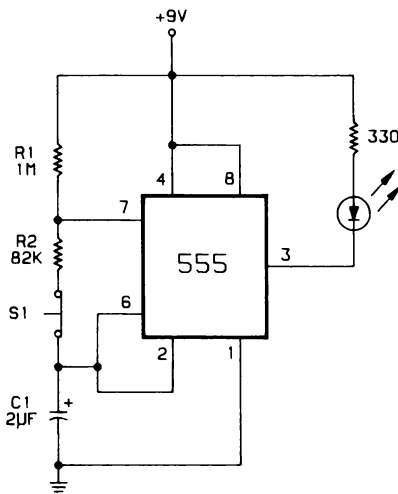



Figura 6-5. Copyright© 1975 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

Il LED viene acceso per 0,1 secondi e poichè il tempo di reazione dell'uomo si aggira intorno a 0,3 secondi, non è possibile prendere il LED al volo mentre è acceso. Prima di schiacciare il pulsante è quindi necessario valutare, usandolo come riferimento, il tempo che è passato dallo spegnimento del LED.

Il 555 ci serve come astabile. Poichè l'interruttore è normalmente chiuso, C_1 parte a caricarsi attraverso R_1 e R_2. Quando su C_1 si ha una tensione pari a 2/3 V_{cc} l'uscita del timer cambia e attraverso il LED passa corrente. Nessuna corrente passa invece nel LED quando l'uscita del timer è ALTA.

Il LED è quindi acceso solo durante l'intervallo di scarica. Poichè il condensatore si carica attraverso R_1 e R_2 ma si scarica attraverso la sola R_2 il tempo di scarica è sicuramente inferiore a quello di carica (equazioni 3-2 e 3-3).

Appena viene schiacciato il pulsante, dovunque ci si trovi nel ciclo acceso-spento, vengono interrotti i percorsi di carica e di scarica. Essendo fissa ora la tensione su C_1 l'uscita resta nello stato che si aveva nel momento in cui era stato premuto il pulsante. Se quindi il circuito era stato aperto con il LED acceso questo continuerà a rimanere tale. Rilasciando il pulsante si richiude il circuito e si riparte col ciclo dal punto in cui si era rimasti.

CAPITOLO 7

CIRCUITI PER LA CASA E L'AUTOMOBILE

TERGICRISTALLO

In fig. 7-1 è mostrato un semplice monitor audio utilizzato per segnalare al conducente la mancanza del liquido per lavare il parabrezza. Ai capi del condensatore esterno di temporizzazione C_1 sono poste due sonde (probe), realizzate con filo isolato e aventi nella parte terminale (immersa nel liquido) circa 5 mm di isolante. Quando il liquido è in contatto con entrambe le punte, C_1 è cortocircuitato, così che il temporizzatore è in effetti inattivo. Quando il liquido scende al di sotto le estremità delle sonde il temporizzatore astabile entra in funzione azionando un altoparlante da 8Ω. Se si desidera solamente una segnalazione luminosa è sufficiente connettere un LED all'uscita del temporizzatore.

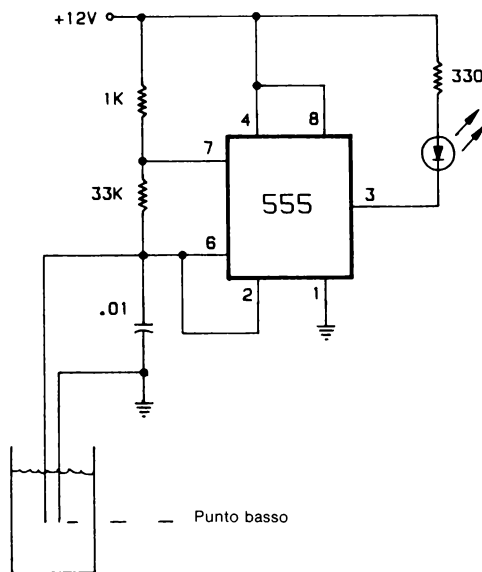



Figura 7-1.

In condizioni di pioggia leggera il circuito di fig. 7-2 può offrire alcuni vantaggi realizzando un controllo per il funzionamento intermittente del tergicristallo. Durante il funzionamento il relé è eccitato dal temporizzatore ad intervalli regolari, permettendo la chiusura dei contatti del motore del tergicristallo. Regolando la frequenza e la durata della passata è possibile trovare le condizioni ottimali di lavoro del circuito dopo l'installazione.

In fig. 7-3 è illustrato un circuito più elaborato del precedente. Questo circuito è realizzato completamente con componenti allo stato solido e permette di ottenere un tergicristallo con frequenza selezionabile da 1 passata al secondo fino ad 1 passata ogni 20 secondi.

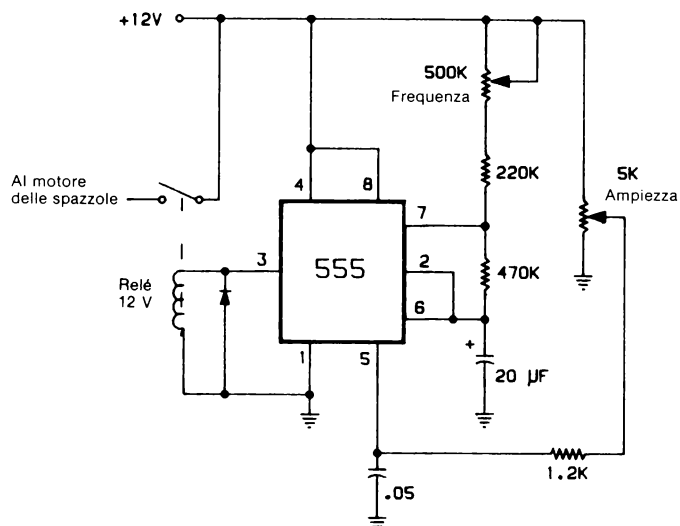



Figura 7-2. Copyright © 1975 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

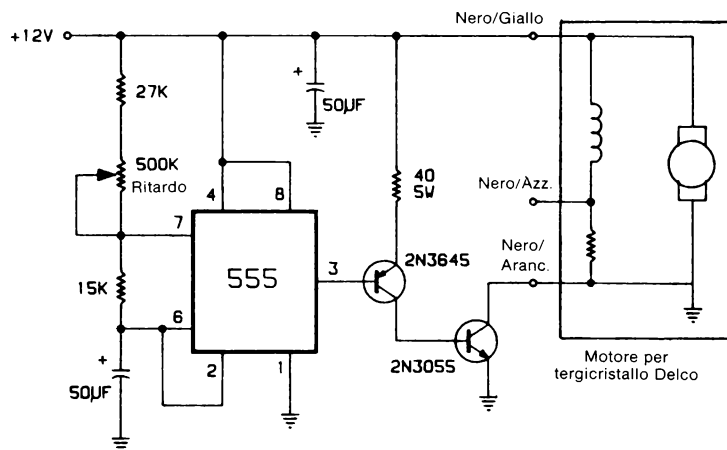



Figura 7-3. Da Electronic Design, 20 Dicembre 1974; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1974.

LAMPADE SPIA PER AUTOMOBILE

Vi è mai capitato che una "lampada spia" del cruscotto si sia allentata o bruciata mentre stavate guidando? Queste lampade sono quelle che vi dovrebbero segnalare che la pressione dell'olio è bassa, la temperatura del motore è alta, il generatore non carica, o il freno di emergenza è ancora azionato. Il semplice circuito di fig. 7-4 è stato progettato per segnalarvi quando una di queste lampade si dovrebbe accendere e se questo non si dovesse verificare, per una qualsiasi ragione, il relativo LED indicherà quale lampada dovrebbe essere accesa. La corrente portata alle lampade spia fa innescare anche il timer 555 la cui uscita pilota un piccolo altoparlante che serve a segnalare ulteriormente il guasto.

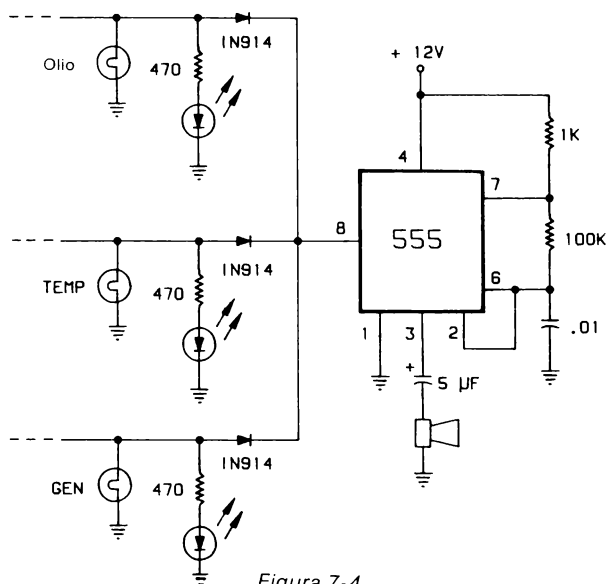



Figura 7-4.

REGOLATORE DI TENSIONE

Dovendo sostituire il regolatore di tensione nella macchina, potreste provare il regolatore realizzato con il temporizzatore 555, mostrato in fig. 7-5.

Quando la tensione della batteria diviene troppo bassa, il temporizzatore si porta nello stato ON, portando l'uscita ALTA, e attraverso R_2 si ha un flusso di corrente di 60 mA. Ciò determina ai capi di R_1 una tensione di polarizzazione sufficiente a portare Q_1 in saturazione e ad alimentare di conseguenza l'avvolgimento dell'alternatore.

Il punto di commutazione OFF-ON della tensione minima del regolatore viene fissato ponendo la tensione di trigger del temporizzatore pari, approssimativamente, alla metà della tensione di riferimento presente sul suo piedino di controllo, che è determinata dai diodi D_2 - D_3 - D_4 - D_5 (circa 5,9V).

Il punto di commutazione allo stato ON-OFF della tensione massima viene fissato ponendo la soglia del temporizzatore uguale alla tensione di riferimento, tipica 14,9V. La tensione di commutazione allo stato ON è tipicamente 14,4V; tuttavia, questi livelli dovrebbero essere scelti in modo da soddisfare la caratteristica, specifica della vostra macchina, della combinazione batteria-alternatore.

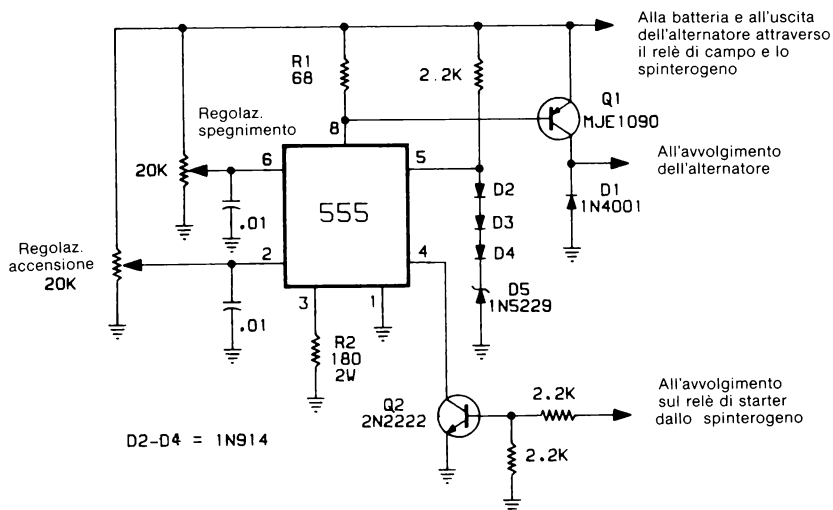



Figura 7-5. Da Electronics, 21 Febbraio 1974; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1974.

ACCENSIONE ELETTRONICA

In fig. 7-6 è mostrato un sistema di accensione a scarica capacitiva che può fornire fino a 500 V_{CC}. In questo circuito il timer 555 pilota il convertitore che utilizza un trasformatore da 6,3 V a presa centrale. Con le puntine aperte, un impulso positivo di tensione viene applicato al gate dello SCR per mezzo di R_{10}, D_8 e C_4.

Quando l'SCR si innesca, C_2 si scarica attraverso una scintilla nella bobina ed inizia a ricaricarsi con polarità opposta. Questo ciclo di ricarica fornisce una carica negativa all'SCR attraverso R_8 e D_8, eliminando la riaccensione dopo che l'SCR si è spento.

Quando le puntine si chiudono, C_4 si scarica attraverso R_9 e R_{10} cosicchè l'SCR si può rinnescare. Il tempo richiesto per questa scarica garantisce un ritardo che permette di prevenire inneschi non desiderati dell'SCR causati dal rimbalzo delle puntine quando il numero dei giri del motore è elevato.

Figura 7-6. Da Electronic Design, 22 Novembre 1974; Copyright © Hayden Publishing Company, Inc. 1974.

CONTAGIRI E CONTACHILOMETRI

In fig. 7-7 è illustrato un contagiri adatto all'automobile. Gli impulsi generati dall'apertura e chiusura delle puntine sono portati al circuito d'ingresso dove sono squadrati e tagliati da R_1 e D_1. Questi impulsi arrivano poi all'ingresso di trigger passando attraverso C_1. L'impulso sull'ingresso di trigger del 555 fa andare ALTA l'uscita per un tempo pari a 1,1 $C_2 R_4$. Durante questo tempo, D_2 è inversamente polarizzato, e le resistenze R_5 e R_6 forniscono una corrente tarata allo strumento. Dopo che è trascorso questo tempo, l'uscita del temporizzatore va BASSA, cortocircuitando tutta la corrente sullo strumento.

Figura 7-7. Da Electronic Design, 7 Giugno 1973; Copyright© Hayden Publishing Company, Inc. 1974.

Il rapporto tra il tempo durante il quale passa corrente nello strumento, e quello in cui non circola, dà un'indicazione precisa del numero di giri del motore. Per un motore V-8, la frequenza degli impulsi alle puntine è pari a quattro volte il numero di giri del motore, dal momento che le puntine si chiudono otto volte ad ogni giro dell'albero a camme e che il motore gira al doppio della velocità dell'albero di distribuzione. Un generatore di corrente costante, che alimenta lo strumento quando il monostabile è attivato, è ricavato dal sistema elettrico della macchina attraverso R_7, C_3 e D_3.

D'altra parte può essere ottenuto un dispositivo di misura della velocità montando una testina trasduttrice elettronica sulla placca posteriore del freno della macchina. Con un piccolo magnete attaccato sul freno del tamburo, gli impulsi indotti triggeranno una delle due sezioni di un temporizzatore doppio 556 (fig. 7-8) connesso come rivelatore di impulsi mancanti.Se l'impulso è generato dalla ruota che gira a velocità angolare sufficientemente bassa, l'uscita dal primo temporizzatore passerà alternativamente dallo stato BASSO ad ALTO.

La seconda metà del temporizzatore 556, pure connessa come rivelatore di impulsi, è pilotata dall'uscita del primo. Se gli impulsi continuano ad arrivare all'ingresso del secondo temporizzatore, la sua uscita rimane ALTA. Quando la velocità prescelta è superata, gli impulsi si succedono troppo rapidamente e la costante di tempo del primo timer non consente di seguire queste variazioni facendo sì che l'uscita rimanga ALTA. Dopo un certo tempo, in conseguenza di quanto si è verificato al primo timer, l'uscita del secondo timer va BASSA, attivando una segnalazione d'allarme.

La costante di tempo necessaria deve essere calcolata in base alla dimensione dei pneumatici della macchina. Per esempio, un pneumatico con un diametro esterno di 25 pollici compie 78,5 pollici ogni giro. Dal momento che 1 miglio è uguale a 1,467 piedi al secondo, ciascun giro equivale a un certo valore corrispondente in miglia orarie. Perciò, R_1 può essere sia un potenziometro di taratura sia un insieme di resistenze di valore fisso connesse ad un commutatore.

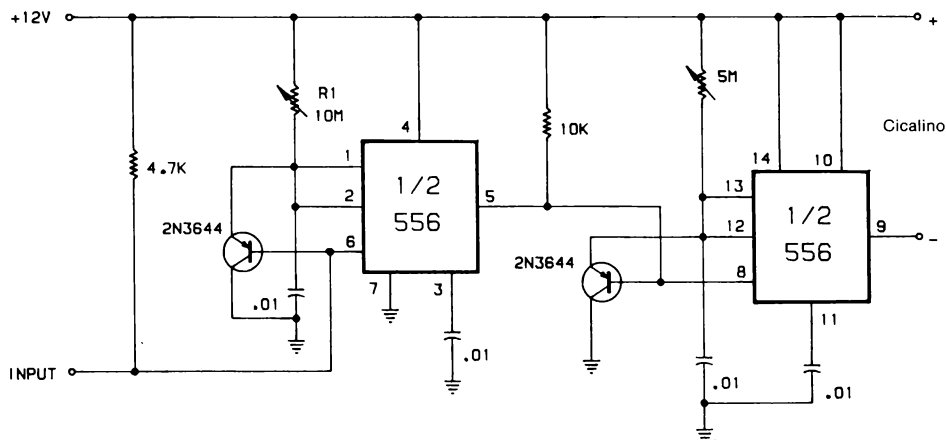



Figura 7-8. Da Electronic Design, 7 Giugno 1973; Copyright© Hayden Publishing Company, Inc. 1973.

ANTIFURTO PER AUTO

Un'altra applicazione del doppio temporizzatore è il circuito antifurto per automobile di fig. 7-9. La prima metà del 556 fornisce un ritardo di tempo sufficiente per "attivare" il sistema, e permettere al conducente di entrare nella macchina e disattivare il circuito. Questo particolare elimina il bisogno di interruttori di attivazione, spesso vulnerabili, posti sulla parte esterna della macchina. Conseguentemente l'interruttore ON/OFF può essere piazzato in luogo non visibile, vicino al cruscotto della macchina.

Quando termina l'allarme, la seconda metà del temporizzatore è triggerata dalla prima metà.

Dopo l'accensione iniziale, l'SCR impedisce che il secondo temporizzatore si sincronizzi fino a che non si verifica la chiusura verso massa dei sensori (interruttori) che innescano il temporizzatore.

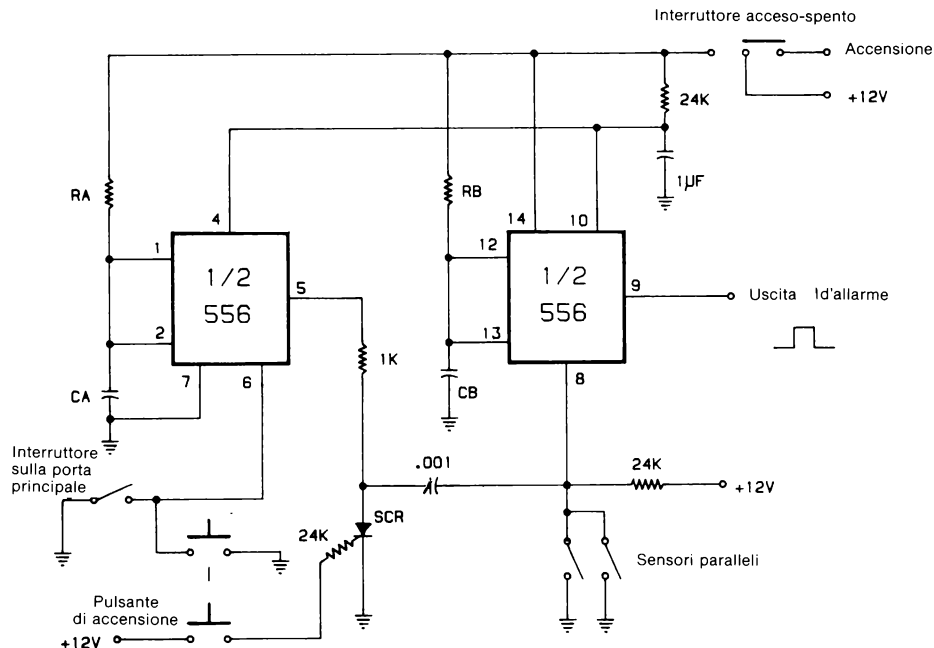



Figura 7-9. Da Electronics, 21 Giugno 1973; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1973.

INTERRUTTORE AUTOMATICO DI LUCI

Qualsiasi persona che sia inciampata nel buio, specialmente nel garage dopo essere sceso dalla macchina di notte, apprezzerà il circuito automatico di fig. 7-10. Esso è usato per spegnere automaticamente le luci dopo che è trascorso un certo tempo dallo spegnimento della macchina.

Quando si avvia la macchina, la tensione della batteria arriva all'avvolgimento del relay attraverso la resistenza da 500Ω e il diodo D_1. Spegnedo la macchina, l'accensione genera un impulso negativo sul piedino 2 che triggera il temporizzatore la cui uscita a sua volta eccita il relay che mantiene le luci accese per un tempo sufficiente per allontanarsi. Coi valori mostrati il tempo è regolabile da circa 10 a 60 secondi.

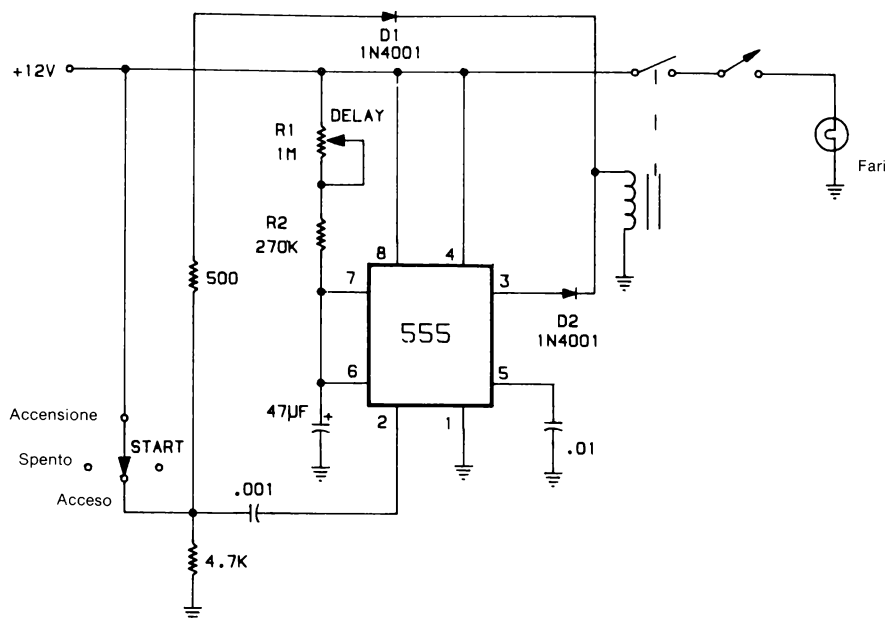



Figura 7-10.

RIVELATORE DI GAS TOSSICI

I combustibili gassosi, ad esempio il gas-propano dei fornelli da campeggio e il gas di scarico delle automobili, sono particolarmente pericolosi se si accumulano in una zona limitata. Il rivelatore di gas, mostrato in fig. 7-11, usa un sensore a semiconduttore a ossido di stagno riscaldato da un sottile filamento a spirale, che abbassa la sua resistenza quando è esposto a gas quali idrogeno, monossido al carbonio, propano, alcool, ecc.

Il circuito di allarme accende il cicalino quando la resistenza del sensore diminuisce, così che la tensione sul gate dell'SCR supera la tensione prefissata dal controllo di sensibilità R_7. Una volta triggerato, il cicalino suona, e l'interruttore S_1 può essere usato per ripristinare le condizioni iniziali dell'SCR. Il diodo zener D_2 previene il circuito dall'innescarsi se appare un transitorio sul +12 V.

La parte interessante di questo circuito è l'alimentazione costruita attorno al temporizzatore 555. Il temporizzatore invia periodicamente impulsi che saturano e interdicono Q_1 in modo tale che la batteria viene utilizzata per brevi periodi.

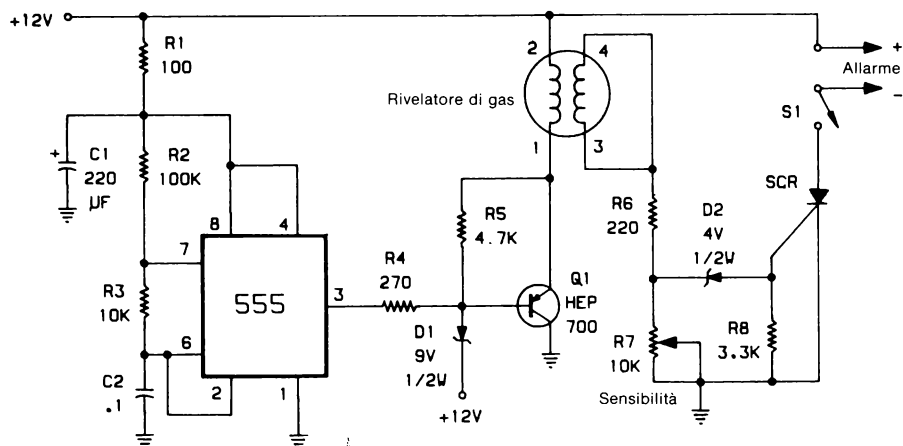



Figura 7-11. Copyright © 1974 Davis Publications, Inc. (Per gentile concessione di Elementary Electronics Magazine.

Questo approccio risparmia conseguentemente circa l'80% della potenza della batteria, in confronto alla convenzionale caduta di tensione ai capi di resistenze o metodi di dispersione di calore su transistori di potenza. Il diodo zener D_1 garantisce al filamento del sensore una tensione di alimentazione costante.

Dal momento che questo sensore ha una grossa inerzia termica, S_1 dovrebbe essere nella posizione OFF per 4 o 5 minuti dopo che l'unità è stata accesa. R_7 poi dovrebbe essere regolato per la sensibilità desiderata, dal momento che il sensore è tranquillamente in grado di rilevare concentrazioni pari a 100 ppm di carbonio monossido.

CONTROLLO METEOROLOGICO

Un semplice rivelatore di temporali, accoppiato con una radio a transistor, può essere costruito utilizzando il solito temporizzatore 555, (fig. 7-12). Il circuito è legato alla carica accumulata su C_1 per mezzo del notevole rumore statico ricevuto da una radio AM esterna. Quando si accumula la carica su C_1, sia l'SCR che il temporizzatore si triggerano, con l'SCR che fornisce alimentazione al cicalino e ad un LED (segnalazione luminosa).

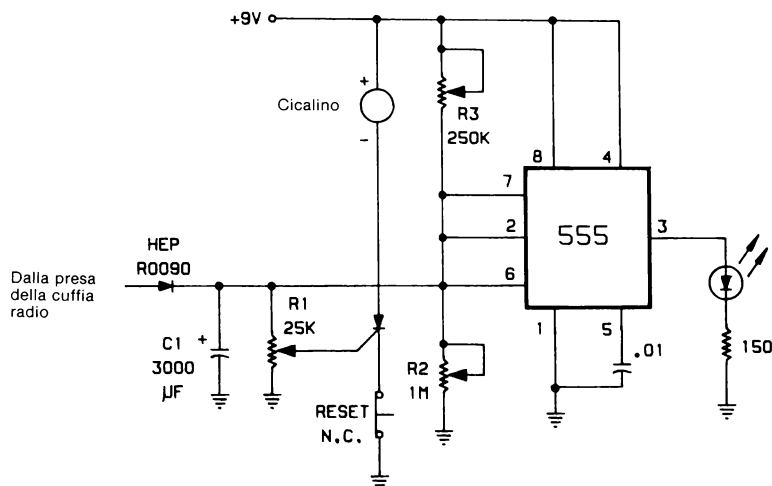



Figura 7-12. Copyright © Ziff-Davis Publishing Company 1974. (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

Per garantire un ottimo funzionamento R_1, R_2 e R_3 dovranno essere regolate per fornire le prestazioni migliori e il desiderato livello di sensibilità.

Nella maggior parte degli Stati Uniti, molte persone ascoltano trasmissioni dal servizio metereologico nazionale sui 162,40 o 162,55 MHz. Dal momento che il notiziario utilizza un tono di 1050 Hz prima degli annunci metereologici, il circuito di figura 7-13 è progettato per essere usato con un ricevitore economico VHF-FM per attivare automaticamente l'altoparlante del ricevitore per udire le notizie.

La prima parte del circuito usa un primo stadio con IC 567 (phase-locked loop-PLL) per rivelare il tono a 1050 Hz dal ricevitore. Quando non è rivelato, l'uscita del PLL, al piedino 8, è ALTA. Quando il PLL riceve una frequenza interna nel suo intervallo di sensibilità, l'uscita del PLL va BASSA e innnesca il temporizzatore 555. Il temporizzatore serve ad eliminare i falsi allarmi che spesso sono prodotti da rumore spurio nel ricevitore, o (spesso) da annunci vocali che contengono frequenze intorno a 1050 Hz. Dal momento che questi "segnali" sono generalmente di breve durata mentre la frequenza di segnalazione di 1050 Hz è trasmessa per circa 15 s, il temporizzatore agisce come filtro, per un tempo di 10 s. per il rumore.

Finchè non è presente la frequenza di segnalazione, lo SCR non conduce, ed il relé non è eccitato. Tuttavia, quando viene ricevuta la frequenza da 1050 Hz, il PLL lo rivela ed il temporizzatore inizia il suo ciclo. Trascorsi 10 secondi, determinati da R_3 e C_2, lo SCR conduce e l'altoparlante del ricevitore viene connesso permettendo di udire gli annunci.

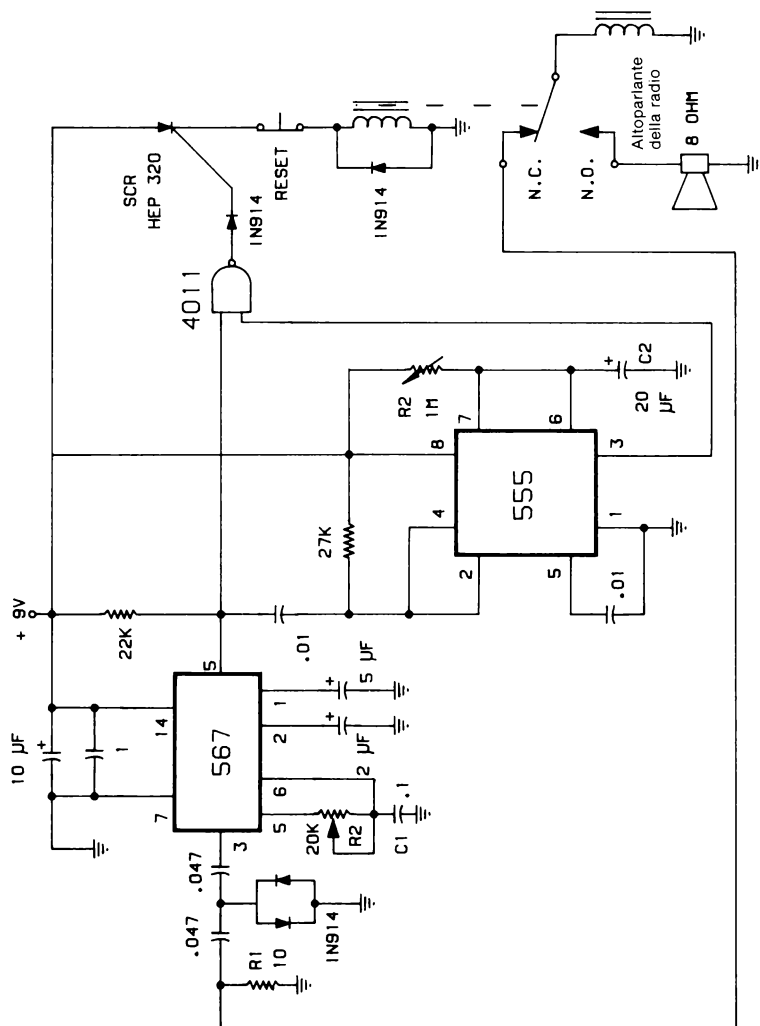



Figura 7-13. Copyright © Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

Altrimenti, l'altoparlante del ricevitore non è normalmente collegato, perciò il ricevitore è muto, e R_1 fornisce il carico sostitutivo.

Con un generatore di segnale audio da 1050 Hz posto ai capi di R_1, viene regolata R_2 fino a quando l'uscita del PLL va BASSA. Indi R_3 è regolata per fornire un ritardo di circa 10-15 secondi. Dopo che si è udito il segnale d'allarme e l'annuncio desiderato, il circuito può essere resettato premendo S_1.

In fig. 7-14 è mostrato un circuito analogo a quello di fig. 5-3 che rivela la pioggia utilizzando una griglia di contatti paralleli equamente distanziati. Quando una goccia di pioggia colpisce il sensore, i contatti vengono cortocircuitati e il temporizzatore viene innescato, facendo suonare l'allarme.

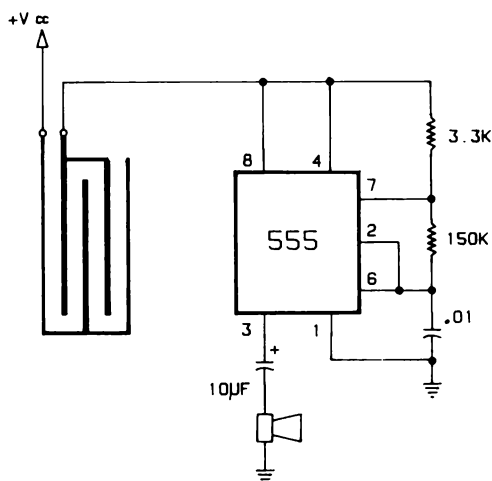



Figura 7-14.

Un altro circuito utilizzante il sistema dei contagiri è un anemometro per misurare la velocità del vento. In fig. 7-15, il vento fa girare un'asta con interruttore REED, attivato da magneti rotanti. Ogni volta che il sensore compie un intero giro, l'interruttore si apre e si chiude per due volte, innescando un monostabile TTL 74121 che filtra l'impulso. Questi impulsi vengono inviati ad una porta NAND, controllata dal monostabile (U_5) la cui larghezza dell'impulso d'uscita è regolato tramite calibrazione. Un altro temporizzatore 555 (U_9) fornisce automaticamente gli impulsi di trigger a U_5 oltre a fornire gli impulsi di reset e blanking per il contatore digitale e il decodificatore/pilota.

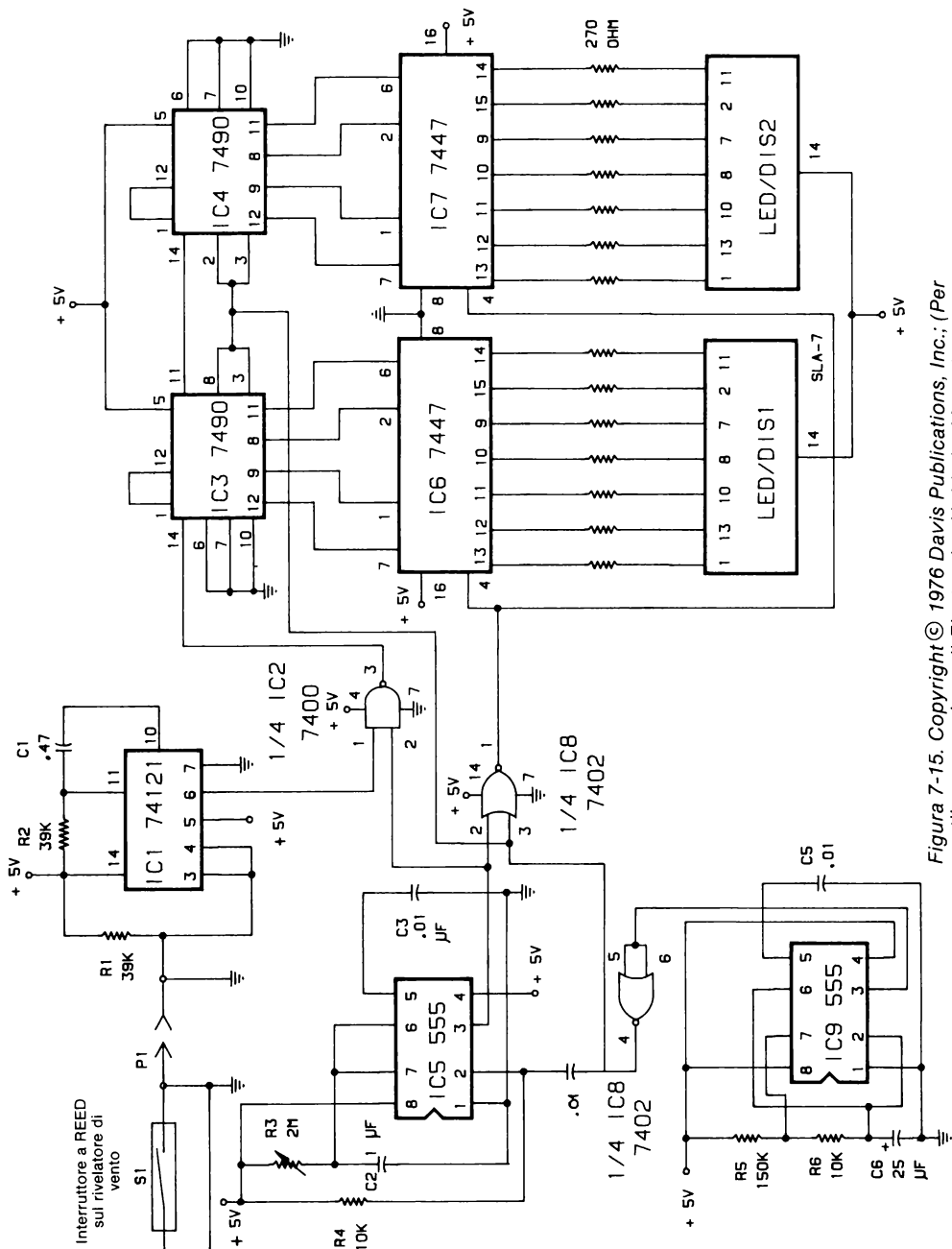



Figura 7-15. Copyright © 1976 Davis Publications, Inc.; (Per gentile concessione di Electronics Hobbyist Magazine).

ALLARME A FOTOCELLULA

In fig. 7-16 è mostrato, come estensione dei circuiti del capitolo 5, utilizzanti fotocellule, un allarme a fotocellula per porta o finestra. Quando la luce incide sulla fotocellula, il piedino di reset del temporizzatore è tenuto BASSO, disabilitando così il temporizzatore. Quando il fascio di luce è interrotto, il piedino di reset viene forzato ALTO, e il temporizzatore è libero di oscillare. Questo circuito può eventualmente essere accoppiato ad un monostabile con 555 per funzionare come contatore fotoelettrico che pilota un visualizzatore digitale a 7 - segmenti.

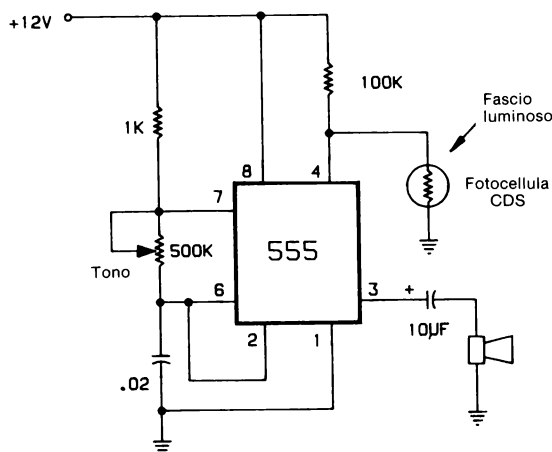



Figura 7-16. Copyright © 1974 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

CAPITOLO 8

IL 555 E IL TELEFONO

Questo capitolo contiene circuiti e informazioni tecniche che sono già state precedentemente pubblicate in molti giornali e riviste. Tuttavia, dal momento che tutti questi circuiti coinvolgono in qualche modo l'uso di linee e apparecchi telefonici, essi sono presentati solamente per illustrare la possibile utilizzazione del temporizzatore 555. Le compagnie telefoniche non esiteranno a perseguire legalmente ogni persona che manometta le loro linee telefoniche.

SUONERIA TELEFONICA

L'impulso del segnale acustico su una linea telefonica, se fatto passare attraverso un accoppiatore ottico, può permettere il funzionamento di una suoneria remota senza sovraccaricare le linee telefoniche, ed inoltre non interferisce con la società telefonica e non degrada il funzionamento della linea che riceve il segnale.

In fig. 8-1, l'accoppiatore ottico trasferisce il segnale acustico al resto del

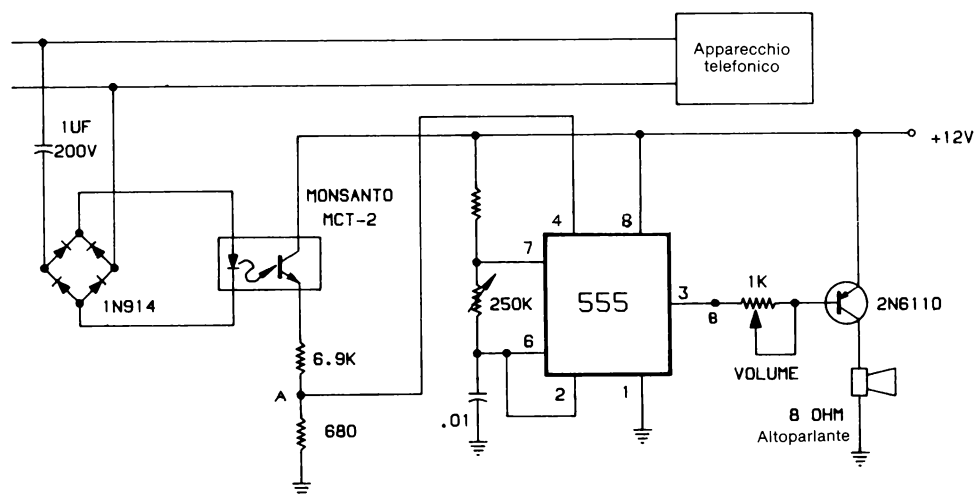



Figura 8-1. Da Electronics, 20 Febbraio 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

circuito ed isola questo circuito dalla stessa linea telefonica. La corrente d'uscita dell'accoppiatore innesca un temporizzatore 555 la cui uscita pilota a sua volta un altoparlante remoto che suona ogni qualvolta è presente sulla linea un segnale acustico.

Il segnale acustico del telefono, di circa 100V a 20 Hz, ha un ciclo di 2 secondi ON e 4 secondi OFF. Il segnale è applicato all'opto-disaccoppiatore tramite C_1 e il ponte a diodi che raddoppia la frequenza a 40 Hz. Tutto ciò viene fatto perchè è più gradevole per un suono proveniente dall'altoparlante, una frequenza di 40 Hz invece di 20 Hz.

Utilizzando il circuito di fig. 8-2, con temporizzatore doppio 556, viene prodotto un suono bitonale. Il primo temporizzatore è un astabile oscillante a 4 Hz,

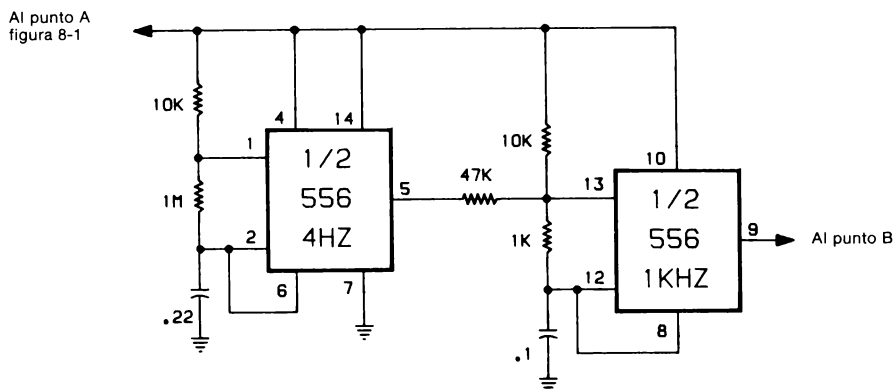



Figura 8-2. Per gentile concessione di Howard W. Sams & Company, Inc.

mentre il secondo è un astabile oscillante a 1 kHz. Sebbene la tecnica del disaccoppiatore ottico elimini dalla linea carichi pesanti, la società telefonica proibisce, generalmente, qualsiasi allacciamento senza il suo permesso.

Un altro approccio interessante per far sì che il telefono suoni una sola nota, è la combinazione della sezione isolante di fig. 8-1 con il circuito di fig. 8-3. Un integrato del tipo 74121 TTL permette di ricavare un impulso dal segnale telefonico, che pilota a sua volta un timer 555 (U_1) per circa 10 secondi, permettendo al segnalatore musicale di funzionare. Il funzionamento consiste nella ripetizione di uno stesso ciclo fino al momento in cui viene alzata la cornetta o il chiamante chiude il contatto. Due timer 555 addizionali (o un 556) generano le note e i ritmi.

Il circuito mostrato suona le prime dieci note di "a pretty girl is like a melody", le note sono riportate in tabella 8-1. Altri circuiti per generare musica con il 555 sono illustrati nel capitolo 9.

NOTE

I vecchi telefoni USA a moneta avevano in cima tre fessure per le monete da 25 cent, 10 cent, 5 cent, essi inoltre generavano suoni diversi quando le monete selezionate venivano accettate. Sfortunatamente per le compagnie telefoniche, alcuni individui trasmettevano tramite registratore un suono analogo a quello delle monete per far credere alla centralinista che la loro interurbana era stata pagata.

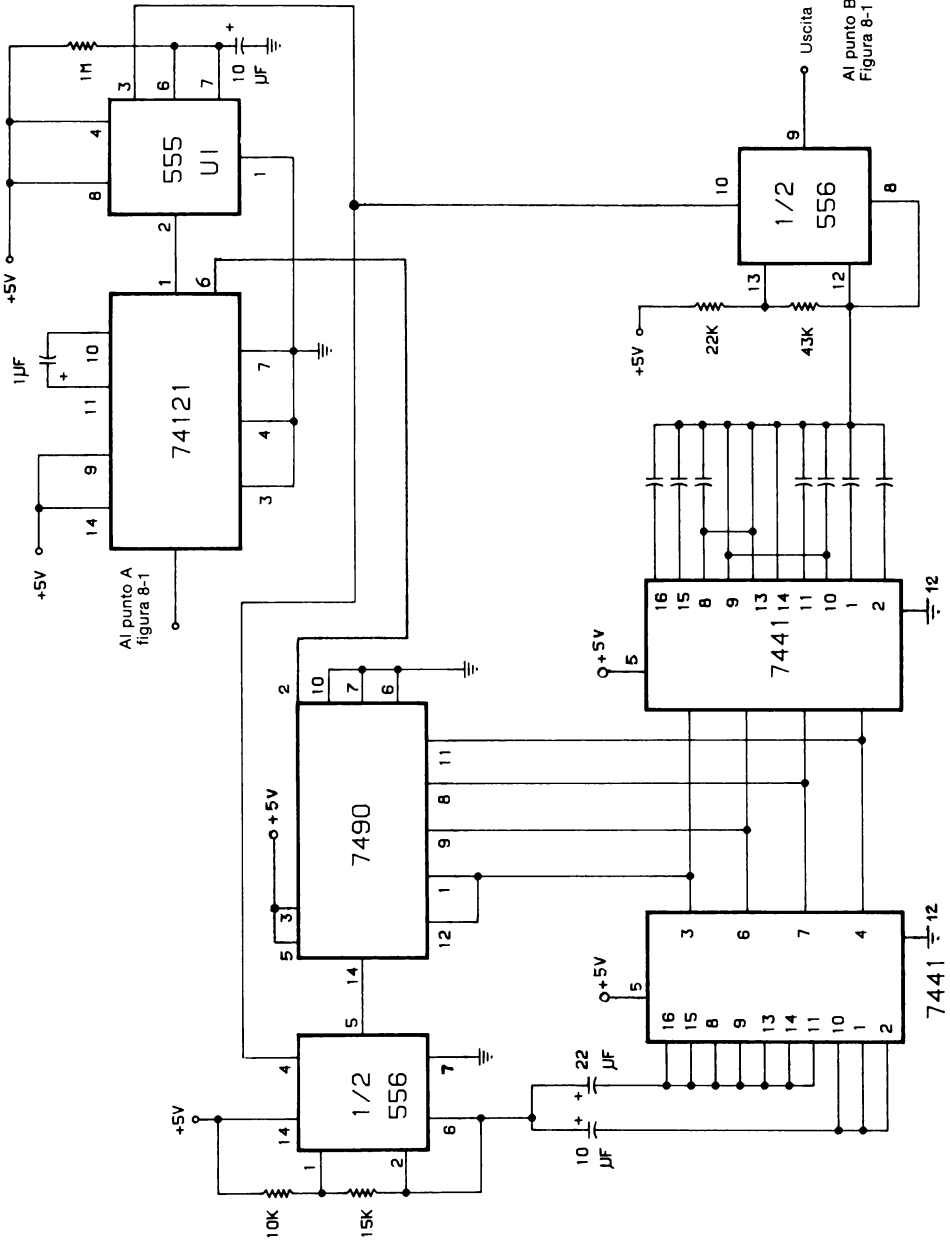



Figura 8-3. Da Electronics, 15 Maggio 1975; Copyright © McGraw-Hill, Inc. 1975.

Tabella 8-1

Conteggio	Condensatore	Frequenza	Nota
0	0,042 μF	329 Hz	E
1	0,040	349	F
2	0,038	370	F♯/♭
3	0,033	440	A
4	0,038	370	F♯/♭
5	0,036	392	G
6	0,034	415	G♯/♭
7	0,033	440	A
8	0,027	523	C
9	0,033	440	A

Per eliminare questa pratica, legalmente riconosciuta come "evasione di tariffa" fu progettato un nuovo telefono a monete con un oscillatore che sostituiva il campanello vecchio stile. Tuttavia, alcuni astuti individui, con conoscenze aggiornate, elaborarono ciò che ora conosciuto come la scatola rossa o "RED BOX".

La scatola è semplicemente un oscillatore che lavora sui 2,2 kHz ed è commutata elettronicamente ON e OFF, in modo simile a quella del telefono. In USA, per gli attuali tipi di pagamento del telefono, gli impulsi sono così codificati:

5 cent un impulso da 60 ms
10 cent due impulsi da 60 ms separati di 60 ms
25 cent cinque impulsi da 35 ms separati di 35 ms

Come illustrato in fig. 8-1, la "RED BOX" può essere realizzata con tre timer 555. Un timer funziona come monostabile, il secondo come astabile condizionato dal primo e il terzo come astabile che pilota l'altoparlante. È altamente sconsigliabile costruire un tale circuito, siccome il solo possesso di tale "BOX" è perseguibile per legge. Quindi, si fa notare che tale circuito è presentato per soli scopi illustrativi.

Sebbene non sia illegale registrare conversazioni telefoniche, è tuttavia illegale farlo senza avvertire l'interlocutore, o senza inserire un breve suono udibile ogni 15 secondi. Il circuito di fig. 8-5 può essere usato allo scopo.

Figura 8-4.

Un'estensione di questo circuito è un segnalatore di intervalli di 1 min. per chiamate telefoniche interurbane, essendo in USA il costo valutato sulla base di intervalli di 1 minuto.

Ai primi del 1960, la Bell System ha introdotto un sistema di chiamata a nomi codificati che fu brevettato col nome "Touch Tone". L'informazione "Touch Tone" è codificata in coppie di toni, usando due delle sette possibili toni per rappresentare i digit da 0 a 9 più il simbolo # (numero) e * (asterisco). Le frequenze audio usate sono date in

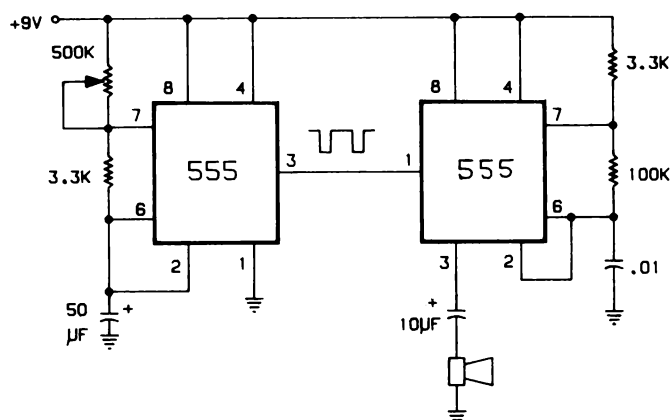



Figura 8-5.

tabella 8-2, e i toni sono divisi nei gruppi "basso" e "alto".

Tabella 8-2

Gruppo dei toni bassi (Hz)	Gruppo dei toni alti		
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

Di conseguenza, per ciascun digit viene usato un tono ricavato da ciscun gruppo.

Un semplice circuito che può essere usato per generare un doppio tono d'uscita è mostrato in fig. 8-6. Un timer 555 oscilla con una frequenza del gruppo "basso" mentre l'altro oscilla con una frequenza del gruppo "alto", generando entrambi onde "triangolari" nel punto comune degli ingressi di soglia e di sincronizzazione del timer.

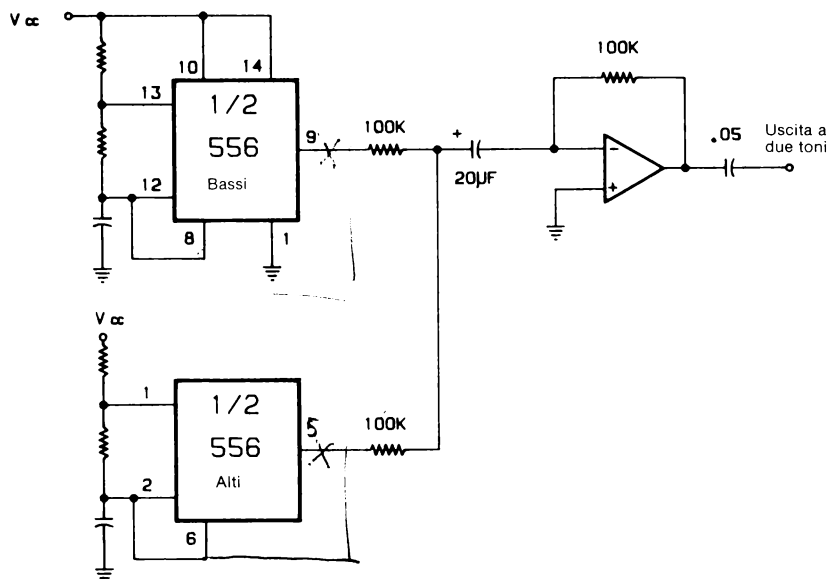



Figura 8-6.

L'amplificatore operazionale somma poi entrambi i toni per dare l'uscita bitonale di fig. 8-7. Nel capitolo seguente è descritto un codificatore completo per 12 digit codificati tramite "Touch Tone".

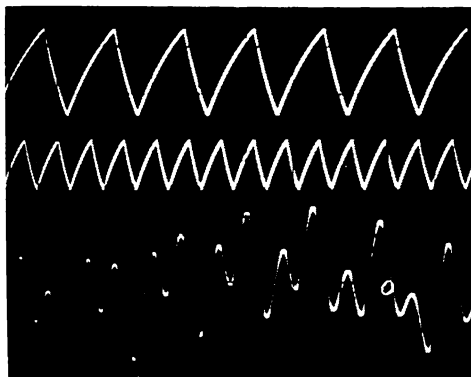



Figura 8-7.

CAPITOLO 9

HOBBY

In questo capitolo vengono descritte applicazioni del timer 555 per fotografia, musica, radioamatori e CB.

FOTOGRAFIA

Generalmente, il tempo di sviluppo delle fotografie tipo Polaroid, dipende dal tipo di pellicola usata. Sebbene siano disponibili dei timer di tipo commerciale, illustriamo in fig. 9-1 un circuito che permette di ottenere un segnale audio d'allarme alla fine del tempo di sviluppo prescelto.

Quando viene premuto l'interruttore, il primo temporizzatore si sincronizza, facendo sì che la sua uscita si porti ALTA per un periodo pari a quello prefissato dalla resistenza esterna di temporizzazione. Trascorso il periodo fissato, l'uscita si porta bassa, facendo partire il secondo timer, connesso come monostabile con periodo pari a 1 secondo, che comanda l'allarme audio. Per semplicità, si può usare un comune auricolare da 8Ω, ricavato da una radio a transistor, invece di un altoparlante. Il tempo di 15 secondi è usato per pellicole Polaroid tipo 51, 52 e 57; mentre la posizione, 2 minuti, è usata per pellicole tipo 46.

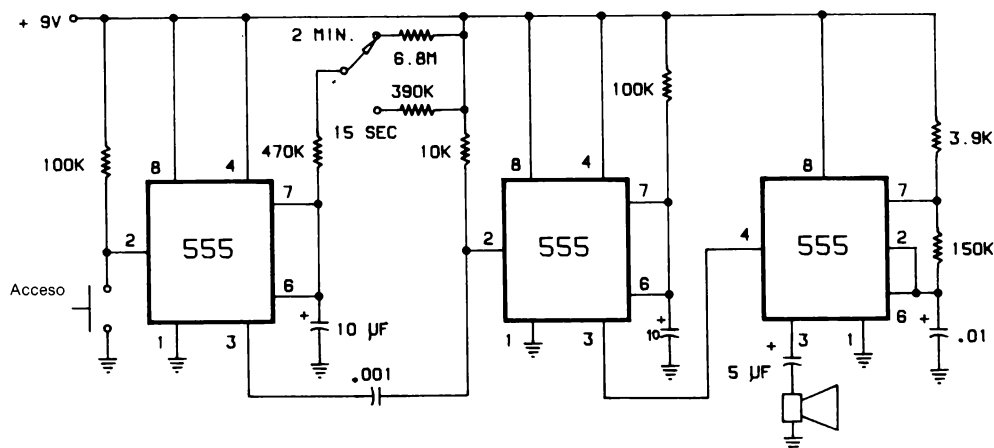



Figura 9-1.

Per coloro che preferiscono farsi una camera oscura, il circuito di figura 9-2 può essere usato per controllare l'indicatore di stampa di un ingranditore.

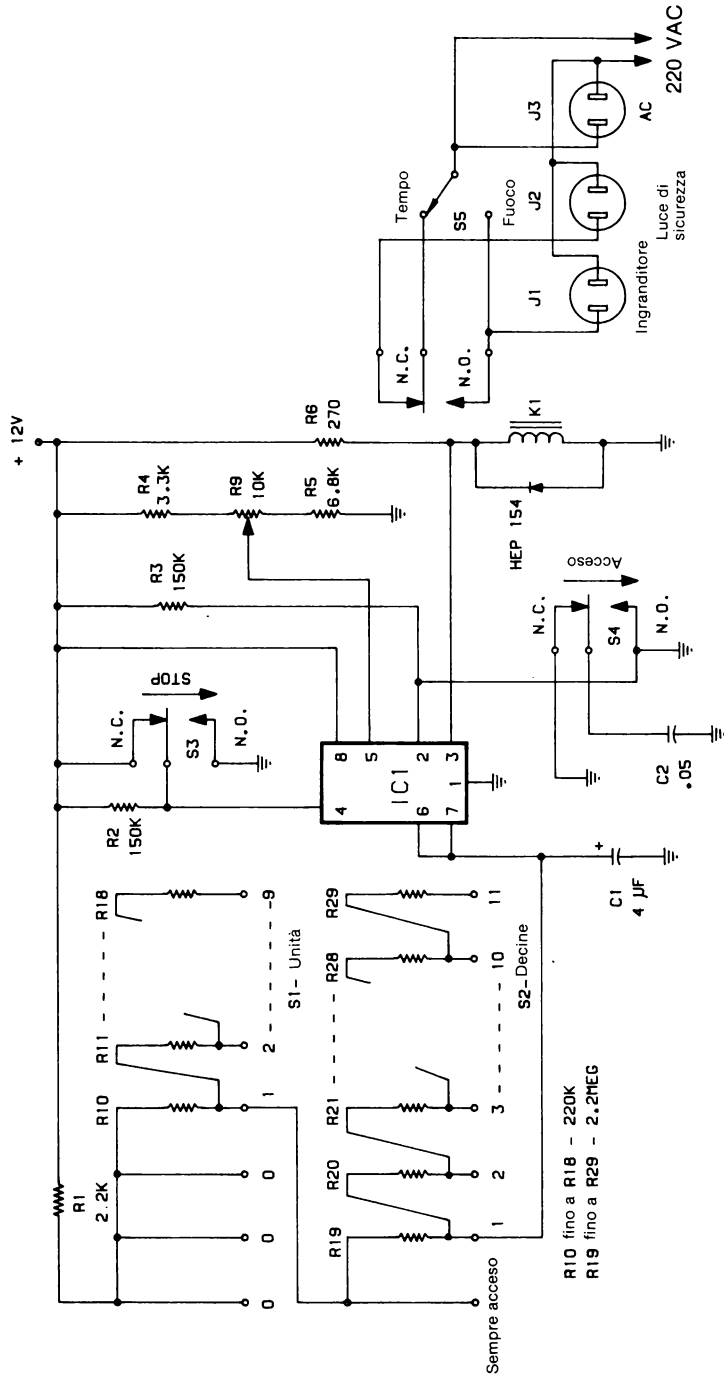



Figura 9-2. Copyright © 1974 Davis Pubblications, Inc. (Per gentile concessione di Electronics Hobbyist Magazine).

Un timer 555 è configurato come monostabile con reset automatico. Perciò l'intervallo di temporizzazione è predisposto da C_1 e dai resistori, selezionati da S_1 e S_2. Coi valori mostrati in figura, il tempo può essere scelto con scatti pari a 1 secondo, da 1 a 119 secondi. R_9 viene usata per variare la tensione di controllo del temporizzatore e per tenere conto della variazione, causata dalla tolleranza di C_1 (vedi cap. 2). Il cavo d'alimentazione dell'ingranditore è attaccato a J_1, la luce di sicurezza a J_2, e l'indicatore di esposizione dell'ingranditore in J_3. Quando si focalizza o si usa l'esposimetro, il commutatore S_5 è posto su "fuoco". Di conseguenza la luce di sicurezza è spenta. Per esposizione di stampa, S_5 è commutato su "tempo" e viene premuto S_4. Durante l'esposizione, la luce di sicurezza sarà spenta, ma si accenderà automaticamente al termine dell'esposizione.

Usando d'altronde una fotocellula collegata al timer 555, mostrata in fig. 9-3, si ha un dispositivo in grado di selezionare automaticamente la corretta esposizione ed eseguire la stampa nel giusto tempo.

Figura 9-3. Copyright© 1974 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

MUSICA

Nel capitolo 8 abbiamo discusso brevemente come il timer 555 possa essere usato per suonare musica. La scala musicale è divisa in ottave, con 12 note per ciascuna ottava do, do♯/♭, re, re♯/♭, mi, fa, fa♯/♭, sol, sol♯/♭, la, la♯/♭, e si. Per la scala accordata, normalmente usata, ciascuna nota è $2^{1/12}$ più alta di quella vicina determinando un rapporto di frequenza pari a 1,05946:1, come dato in tabella 9-1. Il circuito di fig. 8-3 può essere cambiato in modo da poter suonare le prime 10 note di qualsiasi accordo purchè si selezionino le giuste capacità necessarie per produrre le frequenze date in tabella 9-1.

Tabella 9-1

Frequenze standard per la scala ausiliaria
(Hz)

Ottava ♯/♭	DO	DO ♯/♭	RE	RE ♯/♭	MI	FA
0	16,352	17,324	18,354	19,445	20,602	21,827
1	32,703	34,648	36,708	38,891	41,203	43,654
2	65,406	69,296	73,416	77,782	82,407	87,307
3	130,81	138,59	146,83	155,56	164,81	174,61
4	261,63	277,18	293,66	311,13	329,63	349,23
5	523,25	554,37	587,33	622,25	659,26	698,46
6	1046,0	1108,7	1174,7	1244,5	1318,5	1396,9
7	2093,0	2217,5	2349,3	2489,0	2637,0	2793,8
8	4186,0	4434,9	4698,6	4978,0	5274,0	5587,7

Ottava ♯/♭	FA ♯/♭	SOL	SOL ♯/♭	LA	LA ♯/♭	SI
0	23,125	24,500	25,957	27,500	29,135	30,868
1	46,249	48,999	51,913	55,000	58,270	61,735
2	92,499	97,999	103,83	110,00	116,54	123,47
3	185,00	196,00	207,65	220,00	233,08	246,94
4	369,99	392,00	415,30	440,00	466,16	493,88
5	739,99	783,99	830,61	880,00	932,33	987,77
6	1480,0	1568,0	1661,2	1760,0	1864,7	1975,5
7	2960,0	3136,0	3322,4	3520,0	3729,3	3951,1
8	5919,9	6271,9	6644,9	7040,0	7458,6	7902,1

(Per gentile concessione di Howard W. Sams e Company, Inc.)

Inoltre, la fig. 9-4 illustra come un temporizzatore 555 può essere collegato ad un altoparlante da 8Ω, come circuito con trigger per produrre elettronicamente dei ritmi musicali, o per essere usato come semplice metronomo.

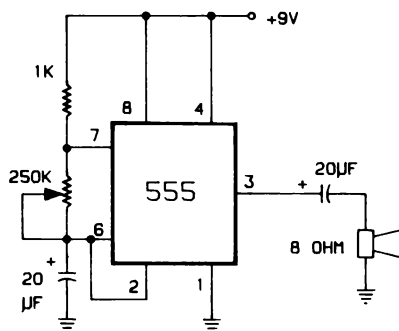



Figura 9-4.

RADIOAMATORI E CB

Anche se siete un Radioamatore principiante, o avete ottenuto il patentino da poco tempo, un circuito a portata di mano è l'oscillatore per produrre il codice Morse. Utilizzando il circuito, con timer 555, di fig. 9-5, si può avere un'unità, completa di controllo di volume e tono, di tipo economico.

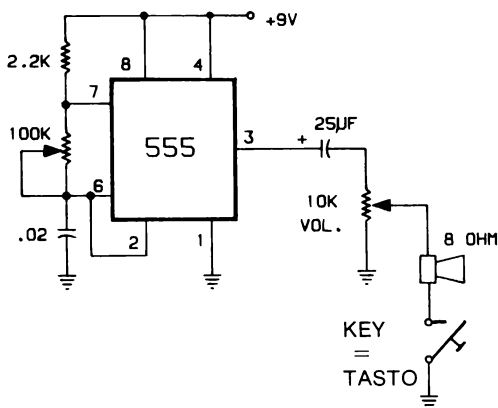



Figura 9-5.

Inoltre, risulta utile avere un monitor che permetta di valutare la potenza in antenna. Nel circuito di fig. 9-6, il segnale RF del trasmettitore - rettificato da D_1 è inviato all'ingresso del reset del timer. Quando al piedino di reset è presente un impulso positivo (tasto abbassato), il timer si innesca.

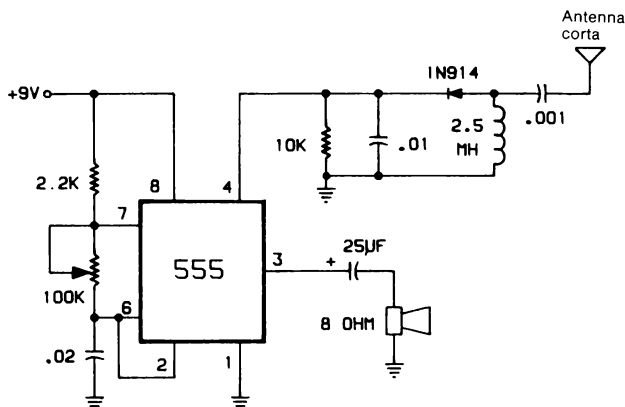



Figura 9-6. Copyright© 1974 Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

L'operatore dilettante si accorgerà molto presto che esiste un limite della velocità con cui può trasmettere mediante l'uso di tasto normale. Per poter trasmettere più velocemente, con la giusta spaziatura e il giusto rapporto tra punto e tratto, molto spesso viene usato un tasto elettronico. Come mostrato in fig. 8-7, il timer è il cuore di questo tasto elettronico. Lavorando come un circuito astabile di clock, la velocità di trasmissione è regolata dal potenziometro da 50 kΩ in modo tale che la massima velocità sarà di circa 30 parole al minuto. Il giusto rapporto tratto-punto di 3:1 sull'intero insieme di velocità è ottenuto tramite i due flip-flop J-K. Inoltre i caratteri sono autocompletanti, cioè non è possibile trasmettere un'altro punto o tratto senza che il precedente sia finito. Un altro timer 555 viene utilizzato come monitor interno di tono.

Tuttavia, ad alcuni operatori piace evitare la lunghezza del tratta-punto per adattarlo al proprio tatto. Questo è particolarmente vero per quegli operatori che inizialmente usavano un tasto semi-automatico, chiamato a volte "bug". Utilizzando il tasto costruito col timer 555, mostrato in figura 9-8, l'operatore è libero di variare il rapporto tratto-punto. Come per il precedente circuito per tasto elettronico anche in questo caso un timer 555 viene usato come monitor interno di tono.

+5V
8
4
1K
7
3
555
50K
Velocità
6
+
1
2
5μF
+5V
150K
.01
+5V
7
6
8
2
555
4
1
3
+
10μF
7473
J
Q
CK
+5V
K
CLR
Punto
Linea
7402
7473
J
Q
CK
7402
K
CLR
1N270
1N270
.05
470
470
.05
1N270
Un connettore
del trasmettitore

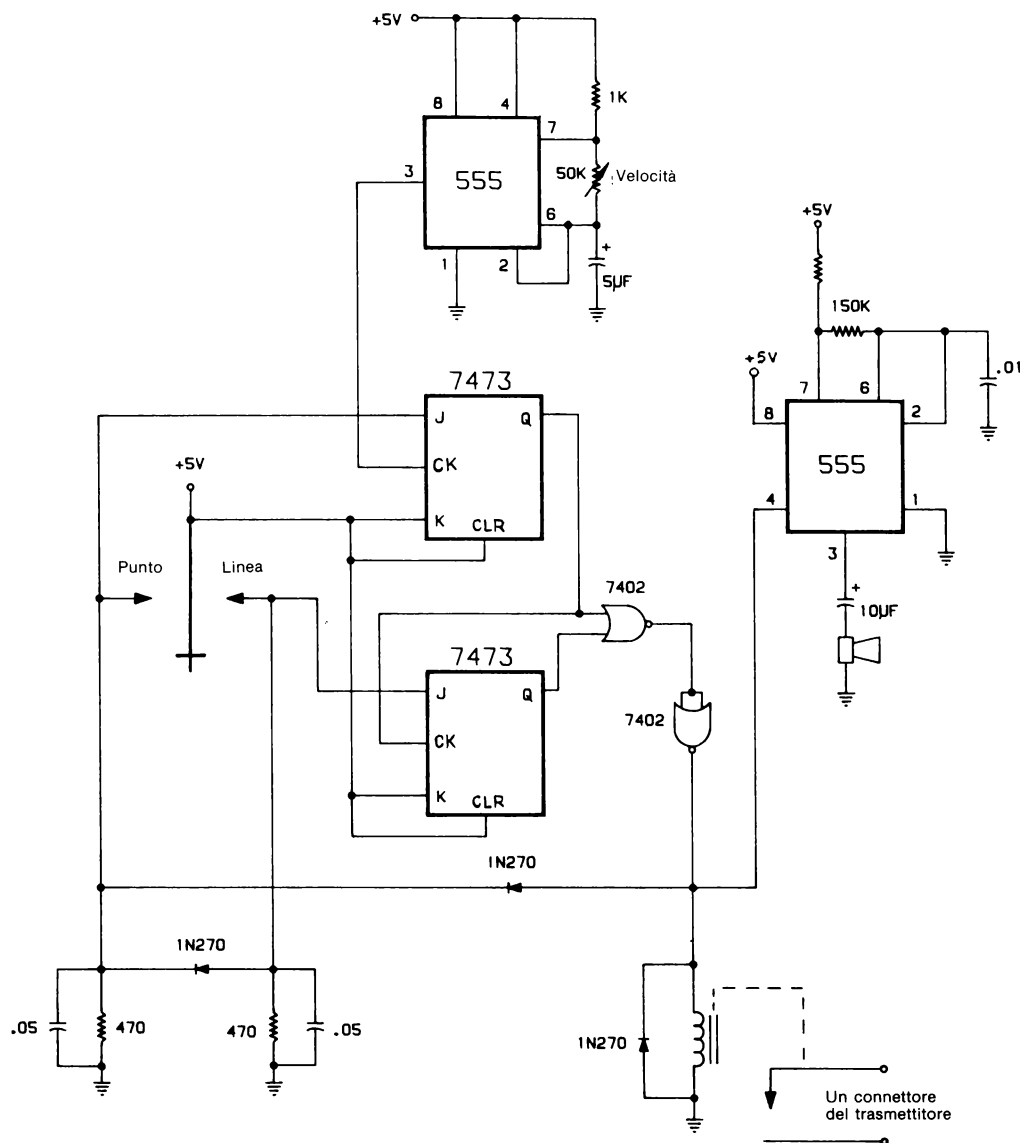
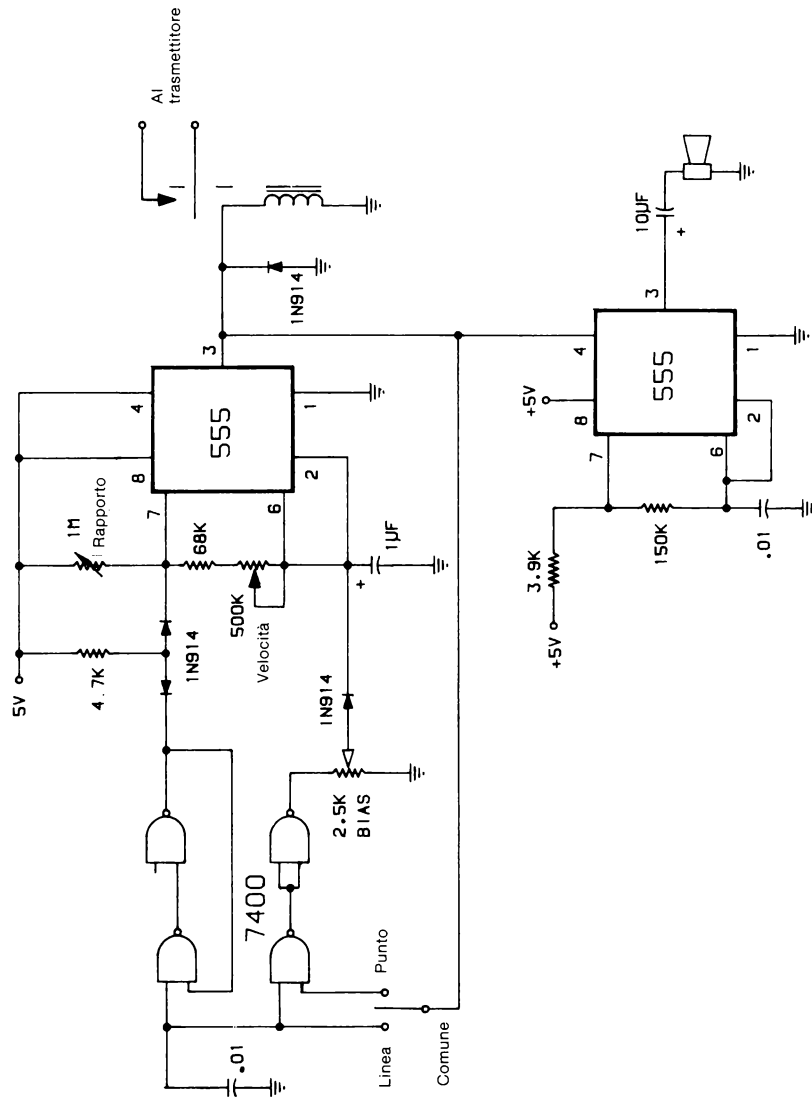



Figura 9-7.

Figura 9-8. Copyright © 1973 Communications Technology, Inc. (Per gentile concessione di Ham Radio Magazine).

La Commissione Federale delle Comunicazioni USA richiede ai radioamatori di identificare la propria stazione dichiarando il nome della stazione ogni 10 minuti. Questo può risultare un problema, specialmente durante lunghe conversazioni in cui è difficile ricordarsi degli intervalli di tempo. In fig. 9-9 è illustrato un indicatore ottico di intervalli di 10 minuti realizzato tramite circuito monostabile che permette di semplificare la gestione della regola sopra descritta. All'inizio della conversazione viene premuto il tasto di reset, facendo si che si accenda la luce di temporizzazione verde a LED. Dopo 10 minuti, settata da R_1, la luce LED rossa si accenderà per indicare all'operatore che deve identificarsi. Il ciclo può riiniziare in qualsiasi istante premendo semplicemente il pulsante di reset.

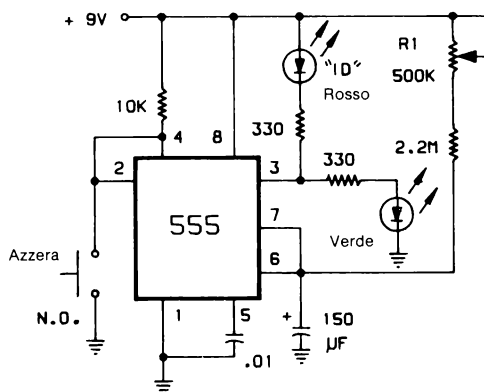



Figura 9-9. Copyright © 1974 Communications Technology, Inc. (Per gentile concessione di Ham Radio Magazine).

Tuttavia, per gli operatori CB, le richieste della FCC limitano il periodo di trasmissione a 5 minuti seguiti da un periodo di 1 minuto in cui non si devono avere trasmissioni. Il circuito di fig. 9-10 permette all'operatore di stazioni fisse o mobili di rispettare le norme della FCC. Due timer 555, U_1 e U_2, sono configurati come monostabili mentre un terzo timer è configurato come multivibratore astabile.

Quando viene premuto l'interruttore di partenza, l'uscita di U_1 rimane ALTA per 5 minuti con LED_1 acceso. Trascorsi 5 minuti, l'uscita di U_1 va BASSA, LED_1 si spegne, e U_2 si innesca, facendo rimanere ALTA la sua uscita per 1 minuto. Fino a che l'uscita di U_2 è ALTA, U_3 è libero di oscillare, facendo lampeggiare LED_2 periodicamente. Quando è trascorso un periodo pari a 1 minuto, LED_1 e LED_2 si spengono, mentre si accende LED_3.

Se la comunicazione non dura per tutti i 5 minuti, l'interruttore di reset viene premuto per disabilitare U_1, che a sua volta fa innescare U_2, e l'oscillatore si innescherà per 1 minuto. Poi LED_3 si accende finchè l'interruttore di partenza viene premuto ancora per ripetere il ciclo.

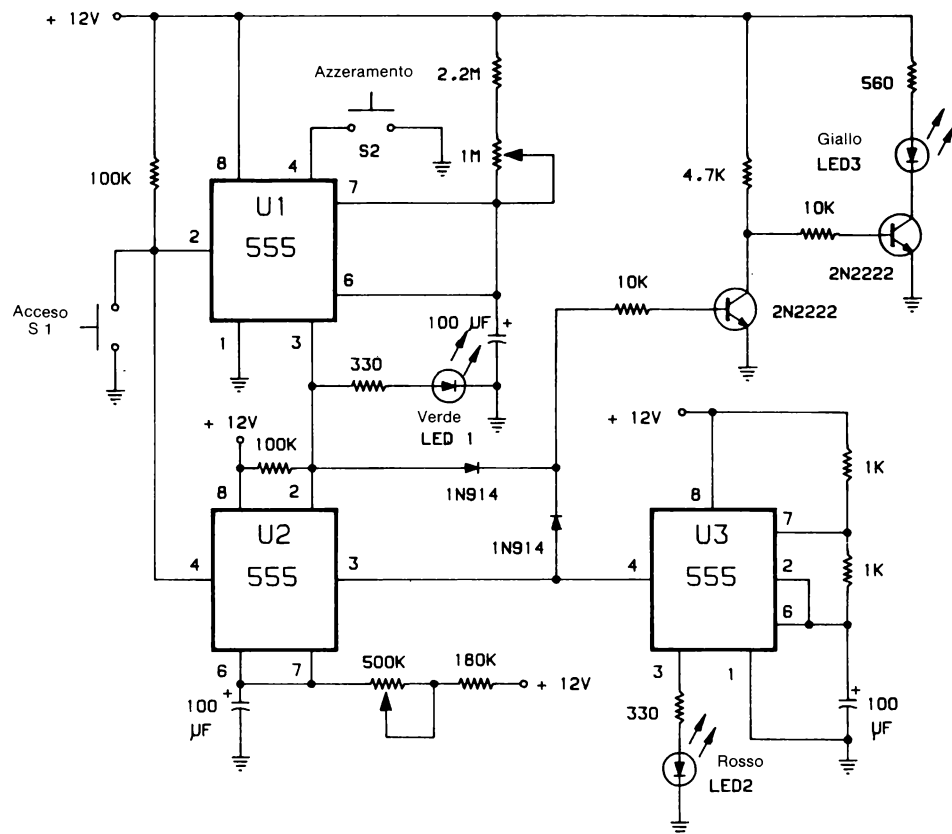



Figura 9-10. Copyright © Ziff-Davis Publishing Company; (Per gentile concessione di Popular Electronics Magazine).

Per i radioamatori che lavorano con apparecchiature a FM, il codice di identificazione deve essere ripetuto almeno ogni 5 minuti. Il circuito di fig. 9-11 usa il timer 555 per generare il codice di identificazione con codice Morse. Per generare il codice di identificazione viene costruita una semplice matrice a diodi a 32 posizioni che utilizza una coppia di decodifica da 4 a 16 linee. Per realizzare il "punto" è sufficiente connettere un diodo tra l'uscita desiderata del codificatore e la linea comune del punto. Per realizzare lo "spazio", viene connesso un diodo tra l'uscita interessata del decodificatore e la linea comune dello spazio. Per realizzare i "tratti" non deve essere collegato nulla. Tra ogni carattere c'è uno spazio e tra ogni parola 3 spazi. La fig. 9-1 mostra le connessioni necessarie per generare la parola DE WR3HAM. In tabella 9-2 sono riassunti i caratteri in codice Morse.

Tabella 9-2

A	· —	S	
B	— · · ·	T	—
C	— · — ·	U	· · —
D		V	· · · —
E	·	W	· — —
F	· · — ·	X	— · · —
G	— — ·	Y	— · — —
H	· · · ·	Z	— — · ·
I	· ·	1	· — — — —
J	· — — —	2	· · — — —
K	— · —	3	· · · — —
L	· — · ·	4	· · · · —
M	— —	5	· · · · ·
N	— ·	6	— · · · ·
O	— — —	7	— — · · ·
P	· — — ·	8	— — — · ·
Q	— — · —	9	— — — — ·
R	· — ·	0	— — — — —

L'operatore può essere costretto ad operare solamente in alcune sotto-bande, generalmente multipli di 25 kHz, detrminate dal tipo di licenza in suo possesso. Per mezzo del circuito di fig. 3-11 si può realizzare sulla radio (tramite cristallo da 100 kHz) un generatore di segnali standard calibrati ogni 25 kHz. Il segnale a 100 kHz dell'oscillatore è diviso, tramite una coppia di flip-flop, per 4; in modo da avere sull'uscita del secondo flip-flop un'onda quadra da 25 kHz. Se si desidera, si può collegare un circuito integrato del tipo 7490 come divisore per 5, ottenendo così un segnale di riferimento incrementabile di passi da 5 kHz. Quest'ultima prestazione è particolarmente utile per quei ricevitori che devono essere tarati con una precisione dell'ordine dei 5kHz. In fig. 9-12 è mostrato un generatore di riferimento con uscita di 25 kHz e marcatore di 5kHz.

Una persona cieca che operi come radioamatore non deve essere svantaggiata quando deve eseguire regolazioni che richiedono strumenti indicatori come ad esempio quelli usati per indicare la corretta frequenza di trasmissione o per avere il massimo segnale d'uscita. In figura 9-13, viene realizzato un circuito, adatto allo scopo, che utilizza un amplificatore operazionale ed un timer 555 che funziona come convertitore tensione frequenza.

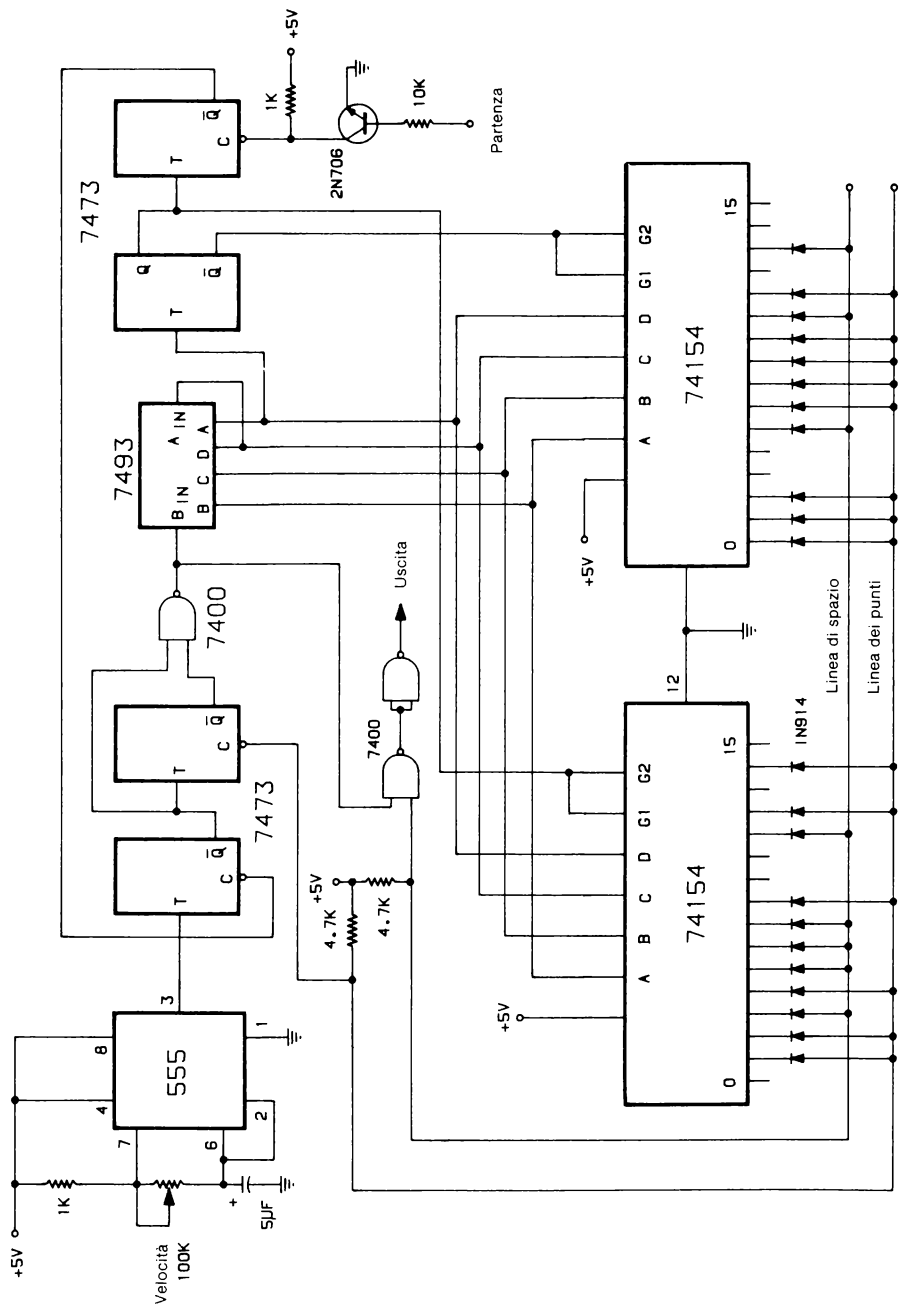



Figura 9-11. Copyright © 1973 73, Inc. (Per gentile concessione di 73 Magazine).

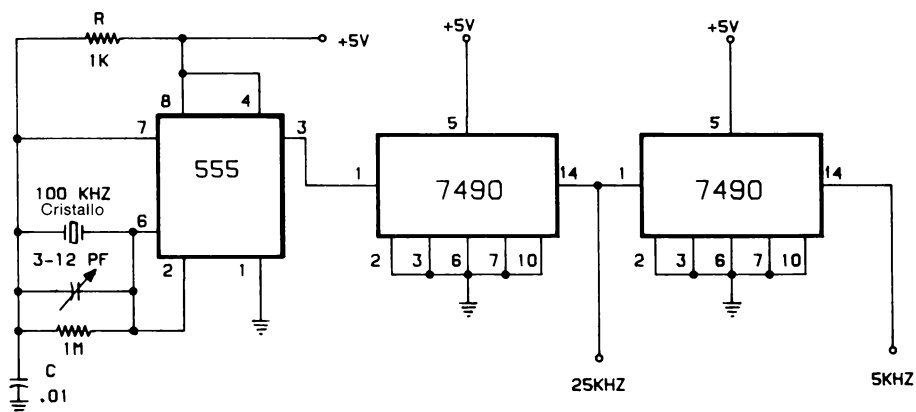



Figura 9-12.

Di conseguenza, per poter variare la frequenza del 555 configurato come astabile si usa la tensione sviluppata ai capi dello strumento.

Se si usa un amperometro, la tensione ai suoi capi sarà data dal prodotto della sua resistenza interna e della corrente che passa attraverso lo strumento secondo la formula $V_M = i_M R_M$. L'amplificatore operazionale amplifica la tensione ai capi dello strumento di un valore pari al suo guadagno differenziale di 100 (40 dB); questo segnale poi pilota in modo modulato l'ingresso del timer 555.

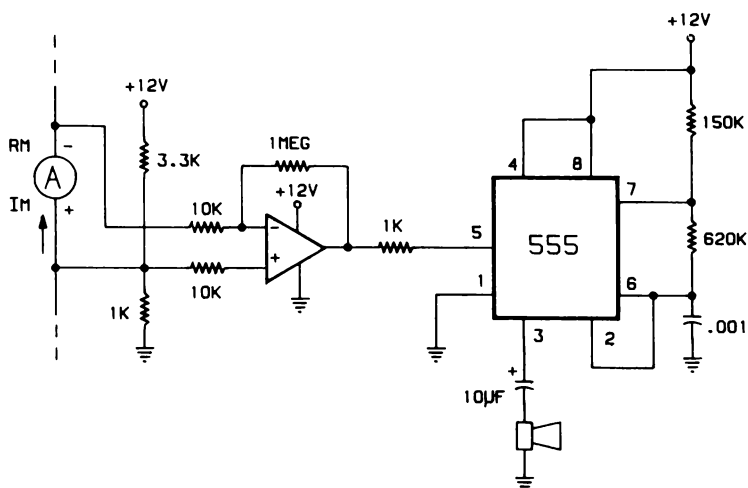



Figura 9-13.

Di conseguenza il volume d'uscita dell'oscillatore sarà inversamente proporzionale a V_M. Sarà così facile per le persone cieche, solitamente in possesso di un ottimo udito, avvertire le differenze di suono provenienti dall'uscita dall'oscillatore.

Abbiamo visto nel capitolo 8 come realizzare un circuito in grado di fare corrispondere ad ogni numero un suono (tono) ben preciso. Tuttavia, per coloro che utilizzano il ripetitore FM locale, occorre usare un codificatore capace di generare tutte le 12 cifre indicate nella tabella 8-2. La fig. 9-14 mostra i due oscillatori impiegati come nel caso precedente, ma in questo caso la resistenza esterna di temporizzazione, (R_a in fig. 3-1a) posta normalmente tra il piedino di scarica del temporizzazione e V_{cc}, è sostituita da un partitore di resistenza.

Per valutare R_b, nell'oscillatore di toni-bassi (U_1), si usa l'equazione 3-4, ponendo R_a= 4,3 kΩ e R_1, C_1 = 0,047 μF e f = 941 Hz che fornisce il valore di 14,164 Ω. Per generare il secondo tono-basso, di 832 Hz, si nota che $R_a = R_1 + R_2$ per cui R_2= 3,3 kΩ. Per il tono a 770 Hz si ha: $R_A = R_1 + R_2 + R_3$, che dà R_3 = 3,9 kHz. In egual modo si trova R_4 = 4,3 kΩ.

L'oscillatore per i toni-alti (U_2) è dimensionato in modo analogo; infatti si parte col tono a 1477 Hz ponendo $R_a = R_5$=3,9 kΩ e C = 0,047 μF. Si trovano poi R_6 = 2,2 kΩ e R_7 = 2,4 kΩ.

In entrambi gli oscillatori l'uscita è presa dal punto di congiunzione del piedino di trigger e di scarica, ove è presente un'onda triangolare che varia tra 1/3 e 2/3 V_{cc}. Le due uscite degli oscillatori vengono sommate da un amplificatore operazionale, 741, che produce in uscita un segnale a due toni (fig. 9-15). L'uscita è accoppiata ad un potenziometro da 10 kΩ che viene utilizzato come controllo del livello d'uscita.

Un terzo timer è utilizzato come VOX (controllo automatico di parlato) e serve per eliminare il bisogno di agire contemporaneamente sull'interruttore del microfono e sul codificatore. Come descritto nel cap. 2, per avere una buona stabilità termica, occorre usare condensatori al tantalio o Mylar per la capacità di temporizzazione da 0,047 μF.

Per effettuare una buona taratura si preme dapprima il tasto di star(*) e regolando R_{10} si deve leggere al piedino 3 dell'oscillatore dei toni-bassi (U_1) la frequenza di 941 Hz. Si tarano, poi, con una precisione del 2% le frequenze di 852, 770 e 697 Hz premendo in corrispondenza i numeri 7, 4 e 1. Per tarare l'oscillatore di toni-alti (U_2) si preme il tasto (#) e si misura la frequenza al piedino 3 che deve essere di 1477; regolando R_{11}. È poi possibile ottenere la frequenza di 1336 e 1209 Hz con precisione del 2%, premendo lo "0" o "*". In fig. 9-16 è riportato un confronto fra la frequenza corrispondente a "1" ottenuta con timer 555 e quella emessa dal codificatore standard della Western Electric.

Per avere un buon funzionamento con il transmettitore FM, occorrerebbe tarare la R_{12} (resistenza che controlla il livello d'uscita) in funzione della deviazione dello strumento; altrimenti occorrerà predisporre il livello d'uscita con una prova di trasmissione. Inoltre, il ritardo introdotto dal VOX dovrebbe essere predisposto per continuare a lavorare anche se i tasti vengono premuti ad una distanza di 1 secondo l'uno dall'altro.

Tastiera
ER-21623
+ 12V
H
1
2
3
4
5
6
7
8
9
*
0
#
A
B
C
D
E
F
G
R1
4.3K
R2
3.3K
R3
3.9K
R4
4.3K
R5
3.9K
R6
2.2K
R7
2.4K
R8
12K
R10
5K
R9
5.6K
R11
5K
.047
μF
555
U1
Bassi
555
U2
Alti
555
U4
Vox
100K
10
μF
1N914
K1
Vox
100K
20 μF
U3
741C
10K
.05
Taratura
di livello
Uscita
a due toni

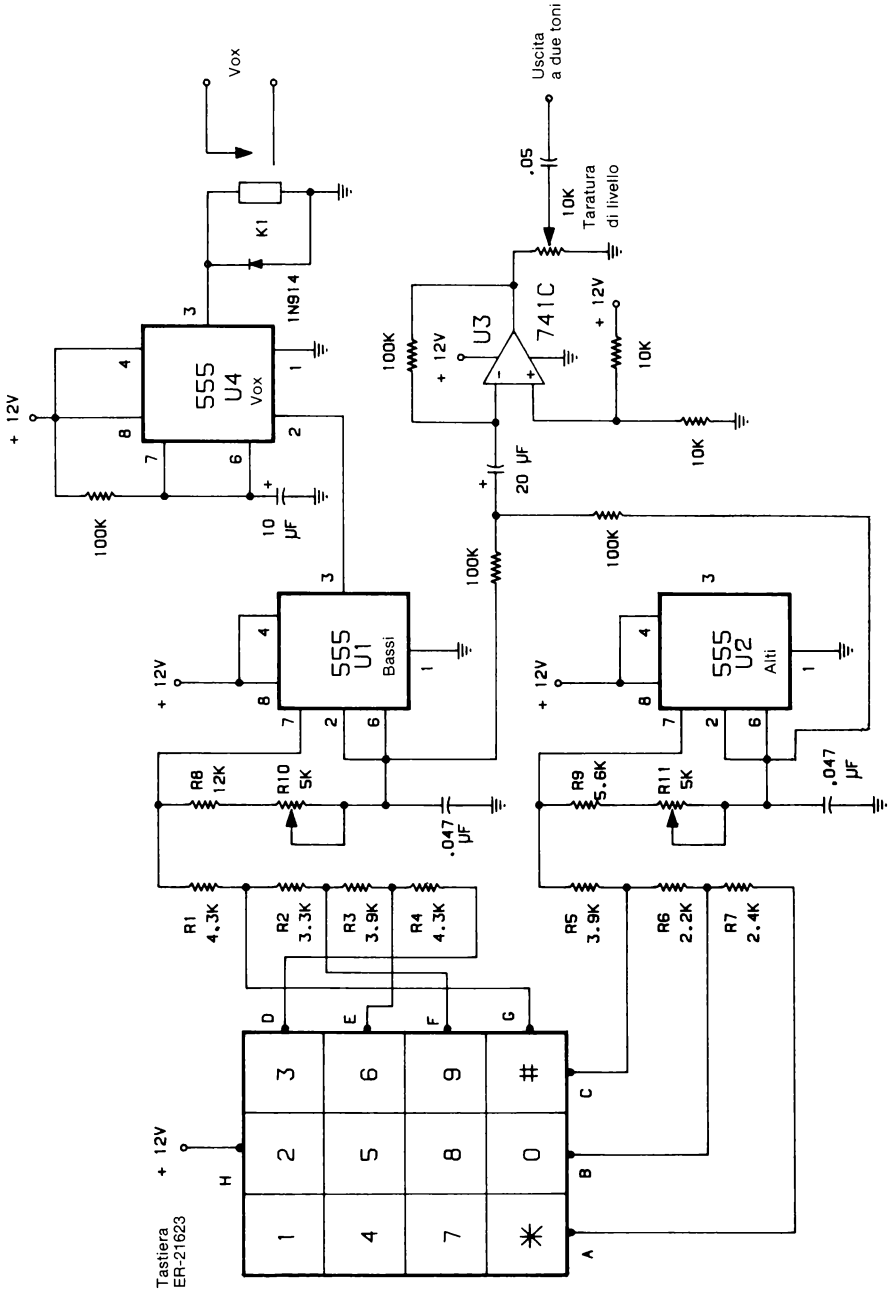
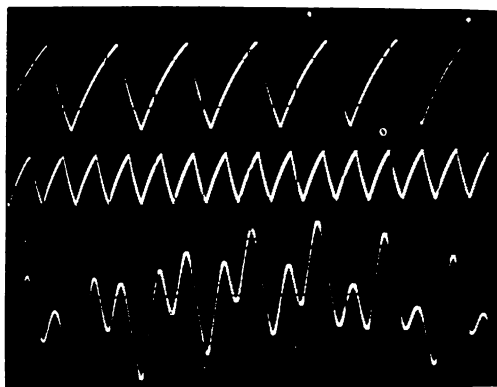



Figura 9-14.

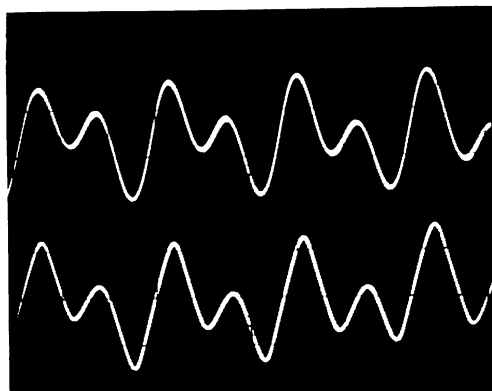



Figura 9-15.

Figura 9-16.

CAPITOLO 10

ESPERIMENTI CON IL TIMER 555

INTRODUZIONE AGLI ESPERIMENTI

Per dimostrare come funziona il timer 555 si descrivono 17 esperimenti, utilizzando alcune tecniche e circuiti basilari già visti precedentemente in questo libro. Per poter realizzare tutti questi esperimenti il materiale che vi occorre è il seguente:

Condensatori:	0,001 - 0,01 - 0,1 - 1,5 - 10 e 100 μF.
Resistenze:	150Ω - 470Ω - 1kΩ - 1,8 kΩ - 4,7 kΩ - 10 kΩ - 15 kΩ - 47 kΩ - 100 kΩ - 150 kΩ - 330 kΩ - 620 kΩ - 1 MΩ e 10 MΩ, tutte da 1/2 o 1/4 di W.
Potenziometri:	10 kΩ e 1 MΩ.
Transistori:	HEP 52, 2N2605, o equivalenti PNP.
Diodi:	1N 914
Circuiti integrati:	timer 555, 7400, 7442, 7473, 7490.
Varie:	LED, termistori, fotocellule, interruttori a pulsante (normalmente aperti), alimentatore da +5V, altoparlante da 8Ω, un generatore di forme d'onda, oscilloscopio ed un VOM (voltmetro).

I componenti sopra riportati sono ottenibili dalla maggior parte di rifornitori di materiali per appassionati di elettronica.

Se avete già lavorato con la serie dei Bugbook potrete trovare utile usare per gli esperimenti una piccola serie di L.R. OUTBOARDS ®. Essi possono includere:

- SK-50 Piastra senza saldature
- LR-1 Piastra di alimentazione
- LR-6 Piastra indicatore a LED
- LR-7 Piastra con doppio generatore di impulsi

In alternativa, si può usare la piastra LR-25, che, come le piastre sopra riportate, può essere ottenuta dalla:

E & Instruments, Inc. (Per l'Italia Microlem S.p.A. - Milano)

Prima di realizzare qualsiasi esperimento, agite nel seguente modo:

1) Scollegate o togliete l'alimentazione dalla piastra.

2) Ripulire, se non diversamente indicato, la piastra da tutti i fili e i componenti degli esperimenti precedenti.

3) Collegate attentamente le parti, utilizzando tutti i componenti richiesti.

4) Controllate tutto il circuito per essere sicuri che sia collegato correttamente e che il timer 555 e qualsiasi altro circuito integrato abbia sia una massa che un +5V connesso.

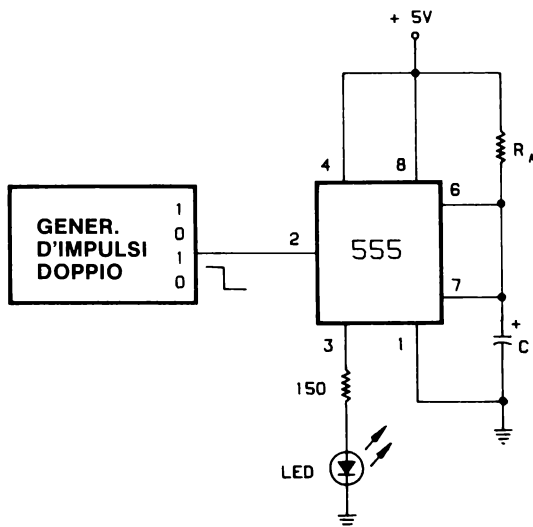
5) Per ultimo fornite l'alimentazione alla piastra.

ESPERIMENTO N. 1

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del timer 555 come temporizzatore connesso in configurazione monostabile.

Schema del circuito

Ci si riferisce alla fig. 2-1. Questo circuito può anche essere fatto utilizzando un generatore d'impulsi LR-7 e un indicatore a LED LR-6.

Passo 1

Utilizzando dapprima una resistenza da 100 kΩ per R_a e un condensatore da 10 μF per C, collegate tutte le parti come mostrato nello schema del circuito. Fate attenzione alla polarità quando si usano condensatori elettrolitici! Il piedino 2 del timer è collegato a massa tramite un interruttore a pulsante (aperto in condizioni normali). Altrimenti, si può collegare il piedino 2 all'uscita logica "1" della piastra del generatore di impulsi.

Passo 2

Inviando un solo impulso al generatore e utilizzando un cronometro od un normale orologio da polso valutate per quanti secondi il LED rimane acceso. Poi, determinate la durata dell'impulso (accensione del LED) d'uscita, utilizzando le combinazioni di resistenze e condensatori riportate sotto. Scrivete i valori trovati e confrontateli con l'equazione:

$$t = 1,1 \, (R_a C)$$

resistenza di timing	capacità di timing	durata dell'impulso misurata
100 kΩ	10 μF	
100 kΩ	100 μF	
1 MΩ	5 μF	
330 kΩ	10 μF	
330 kΩ	100 μF	
10 MΩ	1 μF	
620 kΩ	5 μF	
10 MΩ	5 μF	

I risultati ottenuti dovrebbero essere compresi in un 10% del valore ricavato dall'equazione sopra riportata. Se questo non accade, il motivo è imputabile al condensatore che ha delle perdite che rendono difficile la carica e che conseguentemente diviene più lunga. Perciò, è importante, piuttosto che usare i comuni condensatori elettrolitici di alluminio, cercare di usare quelli in mylar o al tantalio.

Passo 3

Utilizzate ora la R_a una resistenza da 330 kΩ e per un condensatore C da 10 μF e mentre osservate il LED inviate tramite generatore, un impulso della durata di 5 s.

Dovreste osservare che il LED rimane acceso per l'intera durata dell'impulso, o forse rimane acceso 3/6 secondi in più dell'impulso di trigger (inviato dal generatore) eccede la durata dell'impulso d'uscita del 555. Questo mette in evidenza una regola vista nel cap. 2: la durata dell'impulso negativo di trigger dovrebbe essere tenuta breve in confronto alla durata desiderata dell'impulso d'uscita.

Passo 4

Determinate qual'è la massima frequenza a cui potete inviare impulsi dal generatore utilizzando per R_a una resistenza da 1 MΩ e per C un condensatore da 0,1 μF. Dal momento che gli impulsi d'uscita del 555 hanno una durata di 0,11 s. si dovrebbe avere come limite quello che rende imprevedibile il funzionamento del monostabile indipendentemente dalla frequenza più alta che uno può inviare.

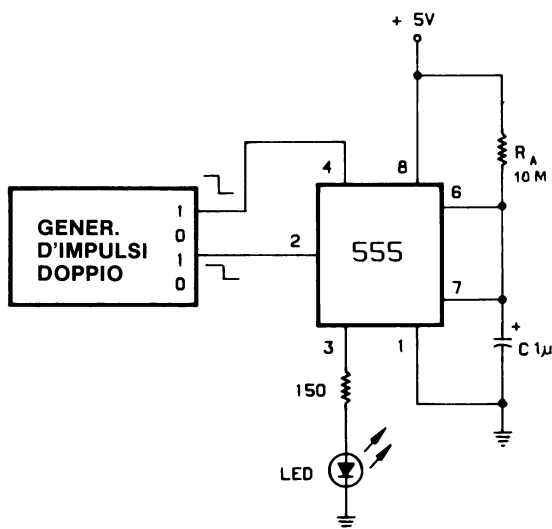
Passo 5

Provate con una resistenza da 1 MΩ e un condensatore da 0,001 μF. Inviate degli impulsi singoli, manualmente, il più rapidamente possibile. Essendo la larghezza dell'impulso d'uscita circa 1,1 ms. dovreste osservare che è impossibile impedire funzionamenti imprevedibili del timer 555.

ESPERIMENTO N. 2

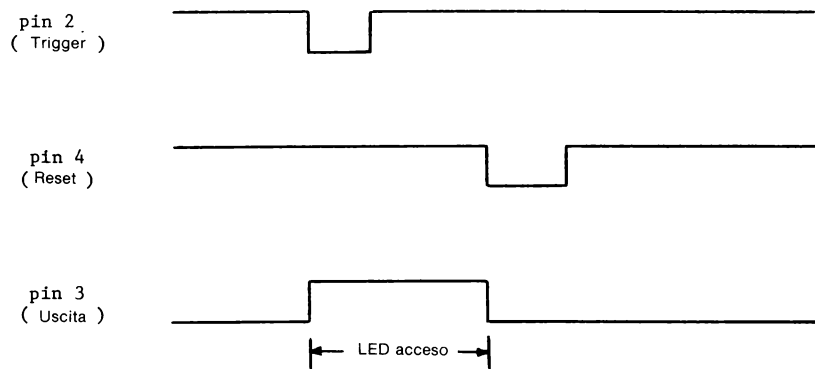
Scopo

Questo esperimento dimostra la funzione del reset nel timer 555, quando è connesso come multivibratore monostabile.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito illustrato nello schema usando due interruttori a pulsante o due generatori di impulsi.

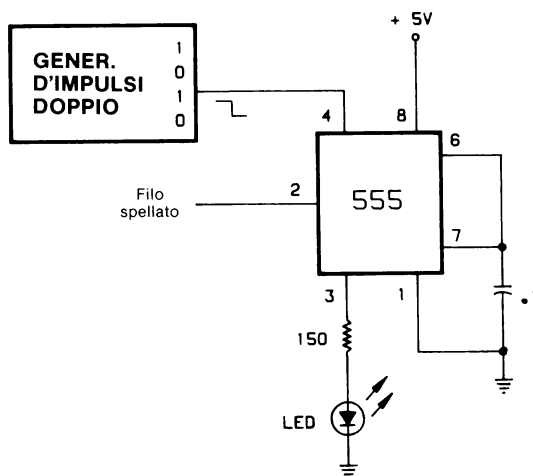
Passo 2

Inviando un impulso di breve durata, con il generatore collegato al piedino 2 del timer 555; il LED dovrebbe rimanere acceso per circa 11 s. Ora si ripete l'operazione precedente poi si invia un impulso, utilizzando il secondo generatore, sul piedino di reset del timer (piedino 4). Dovreste osservare che il LED si spegne immediatamente. Dovrebbe essere ovvio che il piedino di reset inibisce il timer quando il piedino 4 passa dallo stato logico 1 a quello 0, forzando l'uscita BASSA o stato logico 0. Questa osservazione può essere riassunta nel seguente diagramma temporale:

Di conseguenza, ponendo semplicemente a massa il piedino di reset del timer, il monostabile può essere resettato in qualsiasi istante. Per poter innescare il timer, nuovamente, il piedino 4 deve essere collegato a +5V, ossia nello stato logico 1.

ESPERIMENTO N. 3

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del timer 555 come "controllo di tatto " (touch control) memorizzato e azzerabile.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito illustrato nello schema. Sebbene questo circuito sia lo stesso di fig. 5-35, in questo caso usate un piccolo pezzo di filo spellato invece di una striscia di metallo.

Passo 2

Inizialmente, il LED dovrebbe essere spento. Se non lo è inviate un impulso per resettare il timer. Poi toccate lievemente l'estremità spellata del filo. Il LED dovrebbe accendersi, indicando che l'uscita è ora ALTA o stato logico 1. Si può spegnere il LED?

La risposta dovrebbe essere no! Toccando il filo spellato, noi abbiamo in effetti, innescato il timer, e dal momento che la resistenza di temporizzazione è zero, la costante di tempo è infinita, e il condensatore non è in grado di caricarsi. Perciò, l'uscita rimarrà sempre ALTA.

Passo 3

Inviate ora un impulso dal generatore connesso al piedino di reset. Si spegne il LED?

La risposta dovrebbe essere si! Come abbiamo visto nell'esperimento 2, l'invio di un impulso negativo, o il collegamento a massa del piedino di reset, azzererà immediatamente il timer in modo tale che l'uscita si porterà BASSA o stato logico 0.

Passo 4

Ora per dimostrare che siete in grado di bloccare ALTA l'uscita e poi resettare il timer alternativamente, ripetete molte volte la sequenza illustrata prima. Come spiegato nel Cap. 5, questo circuito è molto utile in applicazioni in cui occorre avere un controllo del tipo 'touch control". Il concetto di questo circuito è analogo a quello in cui si innesca e resetta un raddrizzatore controllato a diodi.

Dovrebbe apparire chiaro come un timer 555 configurato come monostabile a impulso-singolo, può essere molto sensibile al rumore e alle vibrazioni.

Passo 5

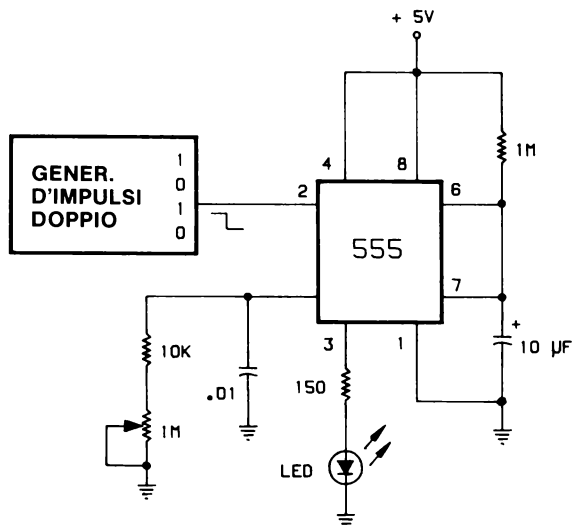
Inviate un impulso sul piedino del reset in modo tale che il LED si spenga. Predete una penna e toccate lievemente il filo spellato. Il LED si accende?

Noi abbiamo constatato che il LED si accende nella maggior parte dei casi, indicando che è sensibile alle vibrazioni. Tuttavia, il circuito monostabile standard presentato nell'Esperimento N. 1 è relativamente immune al rumore ed alle vibrazioni.

ESPERIMENTO N. 4

Scopo

Questo esperimento illustra l'uso del piedino di controllo per variare la durata dell'impulso d'uscita del timer.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema, usando preferibilmente un potenziometro da 1 MΩ al posto delle resistenze fisse. Se non avete un potenziometro usate un insieme di resistenze fisse.

Passo 2

Per prima cosa, scollegate temporaneamente la resistenza da 10 kΩ che é connessa tra il potenziometro e il piedino di controllo del timer (piedino 5). Inviando, in rapida sequenza, impulsi singoli dal generatore, determinate (con un orologio o cronometro) quanto sta acceso il LED. Approsimativamente dovrebbe essere 11 secondi, funzione della tolleranza della resistenza da 1 MΩ e della qualità del condensatore da 10 μF.

Passo 3

Dopo aver sconnesso l'alimentazione, collegate nuovamente la resistenza da 10 kΩ . Poi regolate il potenziometro a 100 kΩ, utilizzando un VOM (volmetro elettronico), o utilizzando una resistenza fissa da 100 kΩ, indi alimentate il circuito. Per mezzo del generatore d'impulsi, notate quanto tempo sta acceso il LED. Quando noi facemmo questa prova, trovammo un valore di circa 10 secondi.

Passo 4

Scollegate l'alimentazione e regolate il potenziometro a circa 10 kΩ, o utilizzate una resistenza da 10 kΩ. Ricollegate l'alimentazione e con il generatore di impulsi valutate per quanto tempo il LED rimane acceso. Dovreste ottenere un tempo pari a 8,5 secondi.

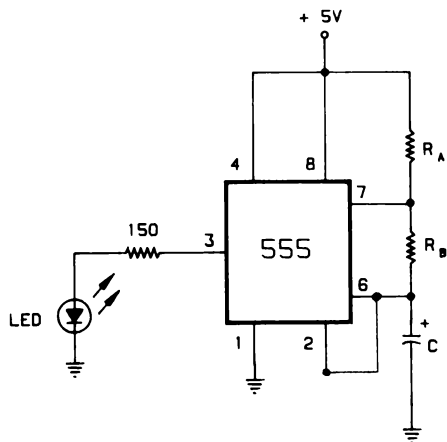
Passo 5

Se ora diminuite ulteriormente la resistenza del potenziometro il LED rimarrà acceso per un tempo minore. Utilizzando il grafico di fig. 2-9, provate a variare la resistenza del potenziometro per avere diverse durate dell'impulso d'uscita. Dovreste ottenere impulsi di durata compresa tra 7 e 11 secondi.

ESPERIMENTO N. 5

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del timer 555 come multivibratore astabile o clock.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema usando per R_a una resistenza da 1 kΩ, per R_b una resistenza da 1 MΩ, e per C un condensatore da 1μF. Controllate se avete connesso il piedino di reset del timer (piedino 4) al +5V.

Passo 2

Collegate l'alimentazione al breadboard e osservate se il LED lampeggia. Con l'aiuto di un cronometro o di un orologio da polso contate il numero di accensioni del LED nell'intervallo di tempo pari a un minuto.

Dovreste aver contato 44 accensioni per minuto, pari ad una frequenza di 0,73 Hz, sufficientemente bassa da poter essere seguita dagli occhi. Questo valore può essere confrontato con il valore calcolato dall'equazione 3-4 o

$$f = \frac{1{,}443}{(R_a + 2\,R_b) \times C}$$

Che dà un valore di 0,721 Hz coi valori di resistenza e capacità sopra riportati.

Passo 3

Scollegate l'alimentazione e sostituite il condensatore da 1μF con uno da 5μF. Per prima cosa valutate teoricamente il numero di volte che il LED si accende in 1 minuto.

Dovreste aver trovato 8,65 accensioni al minuto, pari ad una frequenza di 0,144 Hz. Se siete un pò in difficoltà con la matematica, provate usando il grafico di fig. 3-2.

Passo 4

Ricollegate l'alimentazione al breadboard e contate il numero di accensioni fatte dal LED in 1 minuto.
La vostra risposta coincide ragionevolmente col valore trovato nel Passo 3?

Passo 5

Questa fase può essere eseguita solo se avete un oscilloscopio. Collegate come condensatore di temporizzazione un condensatore da 0,001μF e mettete il puntale dell'oscilloscopio (probe) sul piedino 3 del timer 555.

Passo 6

Ricollegate l'alimentazione al breadboard e per prima cosa osservate il LED.

Dovreste osservare che il LED sembra sempre acceso. Osservate ora, sull'oscilloscopio, il segnale d'uscita del timer.
Qual'è la frequenza d'uscita?

La frequenza osservata dovrebbe essere di 720 Hz, o un ciclo completo ogni 1,4 ms. Perciò il LED appare continuamente acceso perchè sta lampeggiando a 720 Hz e l'occhio umano può vedere sole cose che si muovono ad una frequenza massima di 16 volte al secondo.

Passo 7

Per ultimo, usando per R_a una resistenza di 1 kΩ e per C un condensatore da 0,001 μF, determinate la frequenza d'uscita del timer tramite l'oscilloscopio, e confrontatela coi valori teorici calcolati per il valori resistivi elencati sotto:

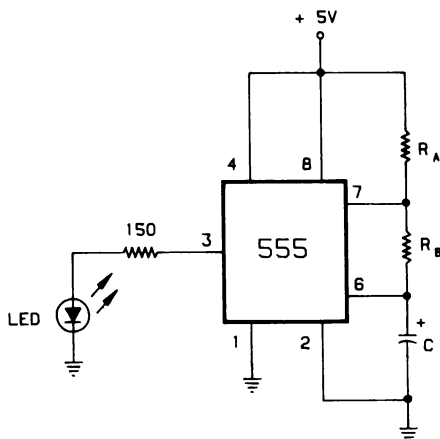
Resistenza di timing R_b	Frequenza osservata	Frequenza calcolata
330 kΩ		
100 kΩ		
15 kΩ		
10 kΩ		
4,7 kΩ		
1,8 kΩ		

Potrete osservare sull'oscilloscopio un comportamento imprevisto quando per R_b si usa una resistenza da 1,8 kΩ, corrispondente ad una frequenza astabile di circa 314 kHz. Questo si verifica perchè si richiede al timer una frequenza d'uscita superiore ai 300 kHz che è la massima frequenza astabile del timer 555, in questo caso l'uscita diviene imprevedibile o addirittura inesistente.

ESPERIMENTO N. 6

Scopo

Questo esperimento dimostra l'effetto della resistenza di temporizzazione sul duty cycle (ciclo di lavoro), quando il timer 555 è configurato come multivibratore astabile. Per poter apprezzare completamente l'esperimento occorre usare un oscilloscopio.

Schema del circuito

Passo 1

Per questo esperimento occorre un oscilloscopio. Collegate il circuito come da figura usando dapprima come R_a una resistenza da 1 kΩ, per R_b una resistenza da 100 kΩ e per C un condensatore da 0,01μF.

Passo 2

Alimentate il breadboard e mettete il puntale dell'oscilloscopio sul piedino 3 del timer. Qual'è la frequenza d'uscita e il duty cycle?

Dovreste aver calcolato che il periodo dell'onda quadra è 1,4 ms. Pari a una frequenza di 720 Hz. Il duty cycle è il rapporto tra il periodo di tempo in cui l'uscita è ALTA (+5 V) e il tempo di durata del ciclo completo; in questo caso si ha circa 50%. Confrontate questo risultato con l'equazione 3-5.

Passo 3

Sostituite la resistenza da 1 kΩ (R_a) con una da 100 kΩ, e la resistenza da 100 kΩ (R_b) con una da 47 kΩ.

Qual'è ora la frequenza e il duty visto sull'oscilloscopio?

La frequenza dovrebbe ancora essere circa 720 Hz, ma il duty cycle è cambiato da 50% al 75%. Il segnale d'uscita ha ora il periodo in cui sta ALTO 3 volte più grande del periodo in cui sta BASSO. Sebbene la frequenza sia rimasta essenzialmente la stessa, il duty cycle è stato aumentato del 50%.

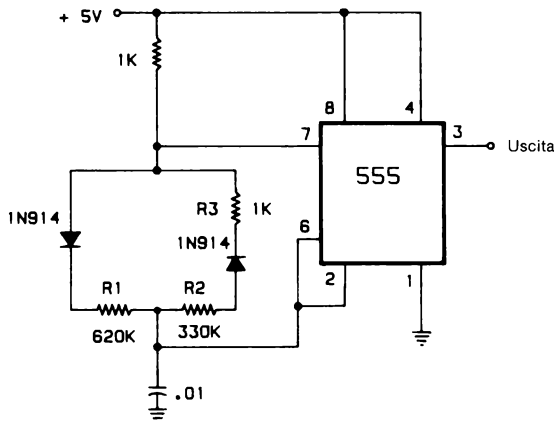
Passo 4

Con l'aiuto della fig. 3-3, provate diverse combinazioni di resistenze per cercare di produrre vari valori di duty cycle. Nel realizzare questo esperimento dovreste accorgervi che è difficile variare il duty cycle mantenendo costante la frequenza. Nel prossimo esperimento è descritto un circuito più pratico.

ESPERIMENTO N. 7

Scopo

Questo esperimento dimostra che è possibile variare il duty cycle mantenendo relativamente costante la frequenza.

Schema del circuito

Passo 1

Per questo esperimento occorre un oscilloscopio. Collegate il circuito come mostrato in figura e mettete l'oscilloscopio sul piedino 3 del timer.

Passo 2

Fornite l'alimentazione al breadboard. Qul'è la frequenza d'uscita e il duty cycle?

Siccome il tempo di durata di un ciclo completo è 9,4 ms., la vostra risposta dovrebbe essere approssimativamente 106 Hz. Il tempo durante il quale l'uscita è ALTA, o a +5 V, è circa 3,3 ms., così che il duty cycle risulta 3,3 ms/9,4 ms., cioè 35%.

Per questo circuito, l'equazione per determinare la frequenza d'uscita, conoscendo i componenti circuitali, è diversa da quella data nell'esperimento 5. Perciò, la frequenza d'uscita è:

$$f = \frac{1}{(R_1+R_2+R_3)\ C}$$

e nel nostro caso 105 Hz.

Passo 3

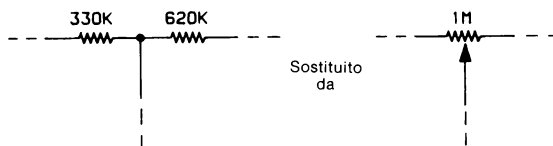
Scollegate l'alimentazione e scambiate tra loro le resistenze da 330 kΩ e 620 kΩ. Ricollegate l'alimentazione al breadboard e osservate sull'oscilloscopio la forma d'onda d'uscita. Che cosa è eventualmente successo?

Dovreste aver osservato che il duty cycle è aumentato dal 35% al 65%, ma senza alcun cambiamento nella frequenza d'uscita! Analizzando le differenze tra Passo 2 e Passo 3, dovreste aver concluso che il duty cycle dipende dalla posizione della resistenza più grossa (620 kΩ). Il calcolo del duty cycle per questo circuito è:

$$D = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Perciò, se R_2 è più grande di R_1, il duty cycle sarà maggiore del 50%. Mentre se, R_2 è minore di R_1, il duty cycle sarà minore del 50%. Se $R_1 = R_2$ allora il duty cycle sarà esattamente del 50%.

Passo 4

Scollegate l'alimentazione del circuito e sostituite come mostrato in figura le resistenze da 330 kΩ e 620 kΩ con un potenziometro da 1 MΩ.

Passo 5

Ricollegate l'alimentazione al breadboard. Variate la resistenza del potenziometro da un estremo all'altro. Che cosa notate sul duty cycle e la frequenza quando varia la resistenza del potenziometro?

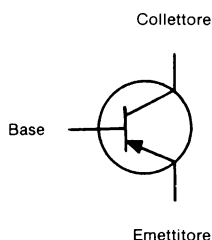
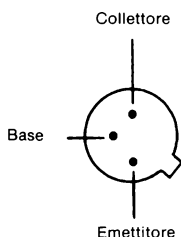
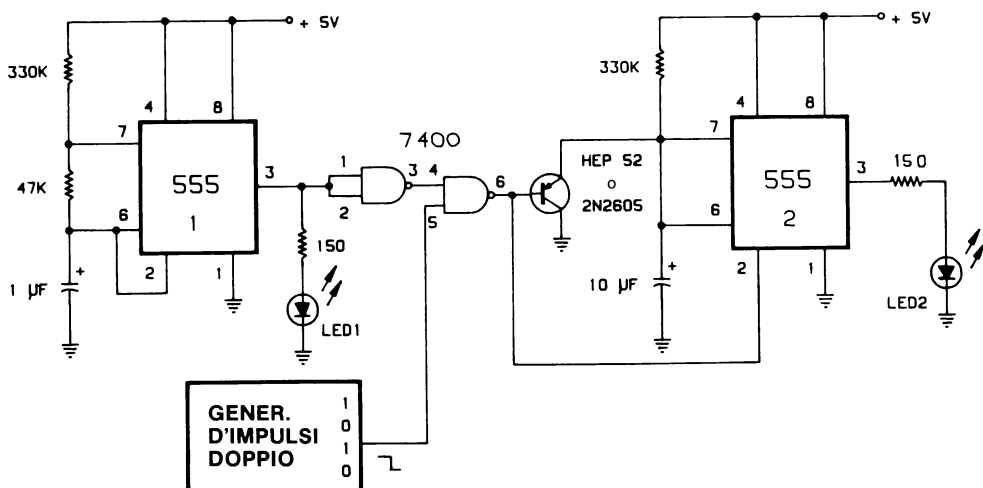
Dovreste notare che in funzione della posizione del potenziometro il duty cycle varia dal 3% al 97% senza modificare la frequenza. Questa tecnica circuitale è molto utile per variare lentamente, grazie ad una sola regolazione, il duty cycle del timer senza variare la frequenza d'uscita.

ESPERIMENTO N. 8

Scopo

Questo circuito dimostra il funzionamento del timer 555 come rivelatore di impulsi dispersi.

Configurazione dei terminali del transistore

Se non avete mai lavorato prima coi transistori, potreste danneggiare definitivamente il dispositivo se collegate incidentalmente i terminali in modo scorretto. Come mostrato sotto, i terminali del transistore sono disposti nell'ordine riportato:

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema. Attenzione a collegare bene il transistore! Non dimenticate, pure, di collegare il 7400 TTL, porta NAND, all'alimentazione dal momento che generalmente è omessa nello schema circuitale. Il piedino 4 è connesso a +5 V, e il piedino 7 è a massa.

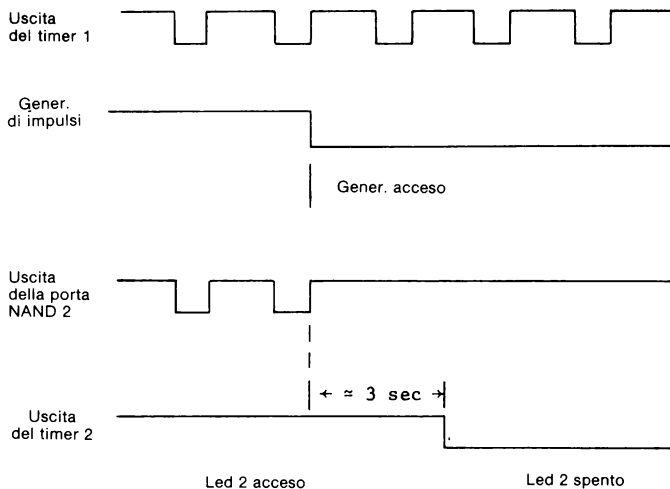
Passo 2

Collegate l'alimentazione al breadboard, il LED 1 dovrebbe lampeggiare molto lentamente. Il LED 2 è acceso o spento?

Il LED 2 dovrebbe essere continuamente acceso, dal momento che l'impulso d'uscita del timer 1 fa innescare sempre il timer 2. Dal momento che il tempo che intercorre tra gli impulsi di clock è minore di circa 3 secondi dal tempo di accensione del monostabile, l'uscita del secondo timer rimarrà alta, e il LED 2 sarà acceso.

Passo 3

Collegate ora il generatore di impulsi. Il LED 2 si spegne?

Il LED dovrebbe spegnersi circa 3 secondi dopo l'arrivo di un impulso. Quando il generatore di impulsi si porta nello stato logico 0 essendo collegato ad uno degli ingressi della seconda NAND del 7400, fa in modo che (inibisce) l'impulso di clock, che arriva dal timer 1, non inneschi il secondo timer. Dal momento che nessun impulso può far innescare il timer 2, il timer completa il suo ciclo di monostabile, dopodichè l'uscita va BASSA. Questa sequenza è più comprensibile seguendo il diagramma dei tempi mostrato qui sotto:

Passo 4

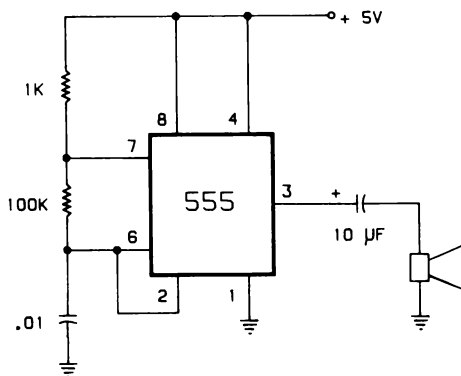
Ora scollegate il generatore. Che cosa succede al LED 2?.

Il LED 2 dovrebbe accendersi immediatamente. L'impulso d'uscita del primo timer fa innescare nuovamente il secondo timer. Quindi il secondo timer serve per rivelare la presenza o l'assenza di un impulso periodico, e il LED agisce come indicatore ottico.

ESPERIMENTO N. 9

Scopo

Questo esperimento realizza un oscillatore audio con il 555.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzato il circuito indicato nello schema e successivamente date l'alimentazione al breadboard. Dovreste sentire uscire un suono continuo (all'incirca un FA#/F) dall'altoparlante. Se così non fosse verificate accuratamente i collegamenti effettuati.

Passo 2

Appoggiate delicatamente un dito di ciascuna mano alle estremità della resistenza da 100 kΩ. Cosa succede alla tonalità? Sale o scende?

Dovreste verificare che la tonalità sale e questo a causa della resistenza del corpo umano che può arrivare, tra le due mani, a un massimo di 200 kΩ e che viene posta in parallelo a quella da 100 kΩ dell'esperimento.
La resistenza equivalente viene di conseguenza abbassata con un corrispondente aumento della frequenza (equazione 3-4).

Passo 3

Scollegate il filo al piedino 14. Cosa succede?

Non dovrebbe succedere nulla!
Togliendo l'alimentazione a +5 V al piedino di azzeramento del timer non se ne modifica il modo di operare. Infatti in questa situazione il 555 sente uno stato ALTO sull'ingresso di reset ed è quindi libero di oscillare.
Questo comportamento è analogo a quello che si ha per i circuiti integrati TTL della serie 7400; ovvero non collegare un piedino d'ingresso equivale a mettere uno stato logico 1 all'ingresso.

Passo 4

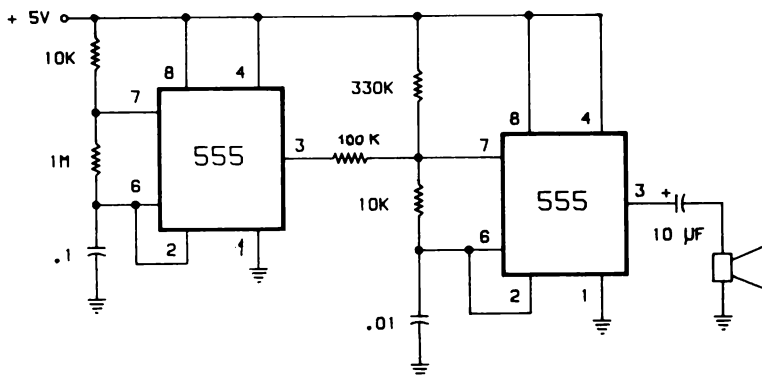
Mettete ora a massa il piedino 4. Che succede?

Con il piedino 4 a massa non si deve sentire più nulla e il timer deve essere disabilitato.
Togliendo il collegamento tra il pin 4 e massa il timer dovrebbe ripartire ancora.
Questa tecnica di disabilitazione può risultare assai utile nel caso di circuiti di allarme.

ESPERIMENTO N. 10

Scopo

Questo esperimento realizza un apparecchio bitonale con il timer 555.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito riportato nello schema, utilizzando due 555.
Volendo si può usare un solo timer 556 ma in questo caso bisogna rifarsi alla fig. 1-2 per effettuare i collegamenti corretti.

Passo 2

Alimentate il breadboard. Sentite qualcosa?

Dovreste sentire un distinto suono formato da due note. All'incirca dieci volte al secondo infatti il primo timer varia la frequenza del secondo che è di circa 400 Hz.

Passo 3

Con il breadboard ancora alimentato togliete la resistenza da 100 kΩ.
In tali condizioni dovreste sentire una sola nota a 400 Hz.
In effetti, ogni volta che l'uscita del primo timer diventa ALTA, la resistenza da 100 kΩ è messa in parallelo con quella da 330 kΩ con il risultato di una frequenza di circa 1,5 kHz.

Passo 4

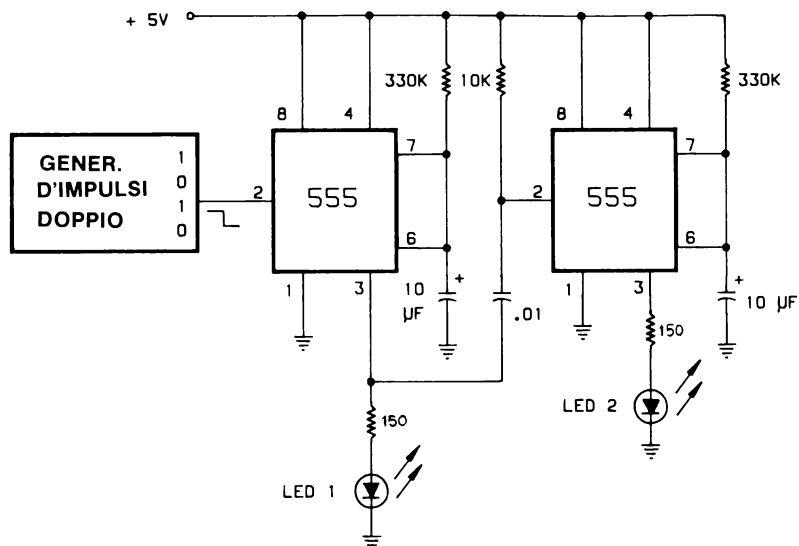
Togliete l'alimentazione del breadboard.
Sostituite il condensatore di temporizzazione da 0,1μF (quello del primo timer) con un condensatore da 1μF, si avrà così una frequenza inferiore.
Ripristinate poi come prima il collegamento della resistenza da 100 kΩ e applicate l'alimentazione. Si dovrebbero ora distinguere più facilmente le due note da 400 Hz e da 1,5 kHz.

ESPERIMENTO N. 11

Scopo

Questo esperimento consente di collegare in cascata (ovvero mettere in serie) due timer 555 in modo da accendere in sequenza un paio di LED.

Schema del circuito

Fate dapprima riferimento allo schema relativo all'esperimento 1, che è bene venga realizzato a questo punto, se ancora non era già stato fatto, prima di iniziare lo svolgimento di questo esperimento.

Passo 1

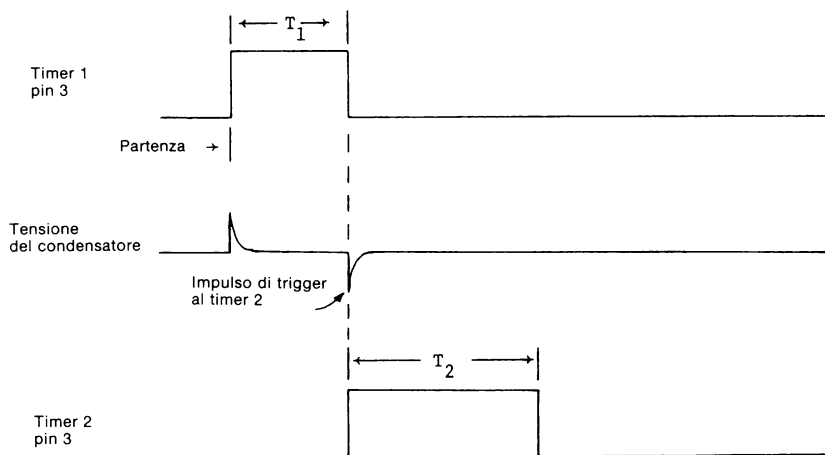
Realizzate il circuito indicato nello schema.
I due timer presenti sono entrambi utilizzati come monostabili, l'uscita del primo timer è collegata al secondo attraverso un condensatore da 0,01μF e una resistenza da 10 kΩ.

Passo 2

Alimentate il breadboard. I due LED dovrebbero essere spenti.
Se non lo fossero significa che uno dei due timer ha ricevuto un impulso di sincronismo al momento dell'accensione.
Basta aspettare alcuni secondi perchè entrambi i LED siano spenti.

Passo 3

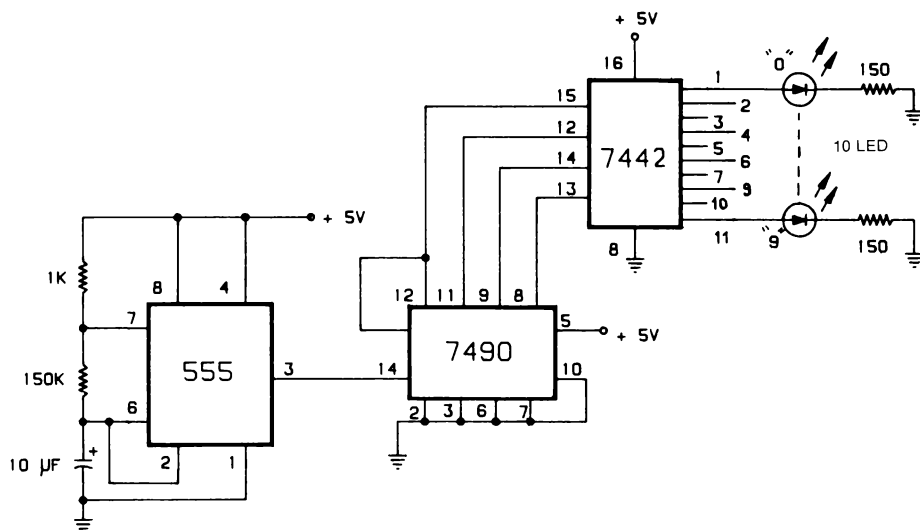
Ora con i LED spenti premete e rilasciate velocemente il generatore d'impulsi. Che succede ai due LED?

Il LED numero 1 dovrebbe accendersi immediatamente.
Dopo circa 3 secondi si spegnerà il LED 1 mentre si accenderà per altri 3 secondi il LED 2.
Quando si è completato l'intervallo di durata dell'impulso del primo monostabile la sua uscita si porta BASSA.
Questa transizione ALTO-BASSO è differenziata dal condensatore da 0,01μF e dalla resistenza da 10 kΩ con il risultato di dare un breve impulso negativo di sincronismo al secondo timer.
L'uscita di quest'ultimo si manterrà ALTA fino al completamento della durata prevista per l'impulso (V. diagramma dei tempi riportato sotto)

Questa stessa sequenza si avrebbe se si avessero due timer indipendenti con due generatori d'impulso.
In questo esperimento invece è l'uscita stessa di un timer che sincronizza il successivo.
Per realizzare una sequenza di eventi potremmo così mettere in cascata un qualunque numero di timer.
Inoltre è possibile variare singolarmente l'intervallo di tempo intercorrente tra i vari impulsi della sequenza regolando e scegliendo i valori dei componenti di temporizzazione di ciascun timer.

ESPERIMENTO N. 12

Scopo

Questo esperimento realizza, con un solo 555, un generatore di sequenza a 10 passi.

Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema utilizzando per ogni uscita del 7442 un LED.

Passo 2

Alimentate il breadboard. Tutti i LED meno uno dovrebbero essere accesi.
Il LED non acceso indica la posizione in cui di si trova all'interno della sequenza numerica decimale generata dal 555. Nel caso fosse spento più di un LED contemporaneamente sarà bene verificare attentamente i collegamenti effettuati.

Scopo del decodificatore da 4 a 10 lineee 7442 è quello di convertire il numero binario presentato sulle uscita del 7490 realizzando una selezione di una riga su dieci.
Chi non avesse familiarità con i termini tipo "numero binario" o con il modo di lavorare di un decodificatore potrà far riferimento al capitolo 5 del "Bugbook I".
Per ogni numero intero compreso tra 0 e 9 solo una delle uscite dell'integrato 7442 è portata BASSA mentre le altre nove restano ALTE, secondo la tabella sotto riportata

Frequenza di clock	Ingresso D C B A	Uscita 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
0	0 0 0 0	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1	0 0 0 1	1 0 1 1 1 1 1 1 1 1
2	0 0 1 0	1 1 0 1 1 1 1 1 1 1
3	0 0 1 1	1 1 1 0 1 1 1 1 1 1
4	0 1 0 0	1 1 1 1 0 1 1 1 1 1
5	0 1 0 1	1 1 1 1 1 0 1 1 1 1
6	0 1 1 0	1 1 1 1 1 1 0 1 1 1
7	0 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 0 1 1
8	1 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1 0 1
9	1 0 0 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
10	0 0 0 0	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1
11	0 0 0 1	1 0 1 1 1 1 1 1 1 1

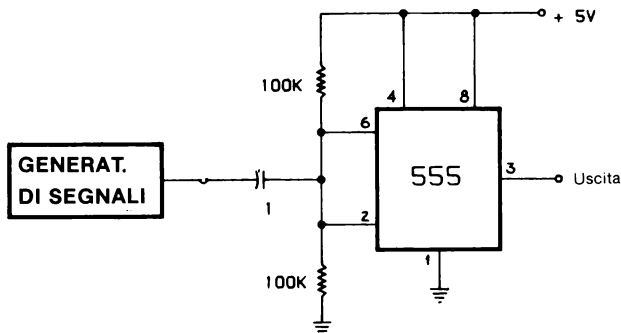
etc.

Le uscite vengono quindi sequenzialmente (1 volta ogni dieci, una per volta) selezionate: a differenza però di quello che si verificava nell'esercitazione precedente le commutazioni delle uscite avvengono in intervalli di tempo uguali.

ESPERIMENTO N. 13

Scopo

Questo esperimento dimostra come un timer 555 possa lavorare come trigger di Schmitt.

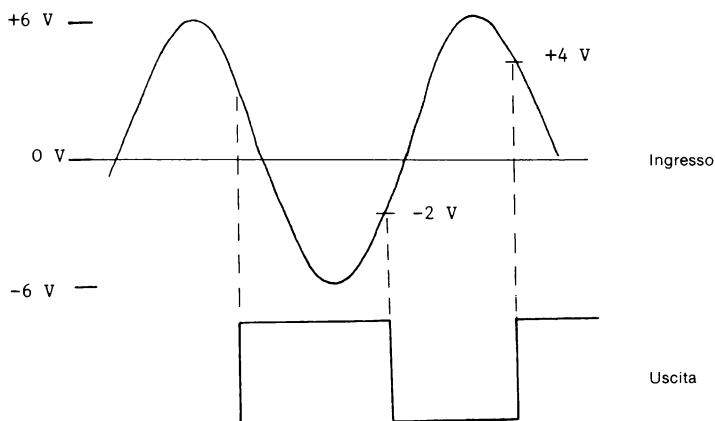
Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema.
Per questa esercitazione serviranno un generatore di funzioni e un oscilloscopio a doppia traccia, una delle quali verrà collegata l'ingresso del circuito, mentre l'altra al pin 3 del temporizzatore.

Passo 2

Alimentate il breadboard. Regolate l'uscita del generatore di funzioni in modo da ottenere, e sarà il nostro segnale d'ingresso, un'onda sinusoidale di 1 kHz 1,5V di picco (3 V picco-picco).

A quale tensione dell'onda sinusoidale d'ingresso si ha la transizione ALTO-BASSO?
E a quale tensione quella BASSO-ALTO?

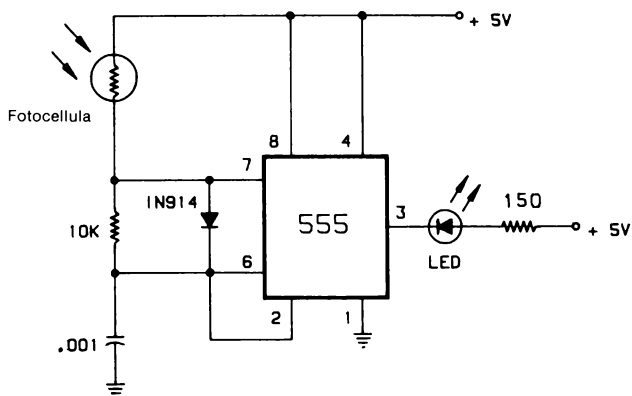
L'uscita del timer commuta da ALTO a BASSO quando l'ingresso è pari a 0,8V, e sta diventando positivo risalendo da −1,5V di picco negativo.
L'uscita del timer passa invece da BASSO a ALTO quando il segnale all'ingresso vale −0,8V nella discesa verso i valori negativi a partire da +1,5V di picco, come si può vedere nel diagramma seguente.
Questi due livelli di tensione quando sono aggiunti alla tensione di polarizzazione di +2,5V, fissata dai due resistori di 100 kΩ sono pari ai punti significativi del comparatore interno a 2/3 $V_{c.c.}$ (3,3V) e 1/3 $V_{c.c.}$ (1,7V). Strana coincidenza!

Il valore del 54% da noi misurato concorda con il valore teorico (56%), che, se volete, potete tentare di ricavare per conto vostro.

ESPERIMENTO N. 14

Scopo

Questo esperimento dimostra come si possa utilizzare una fotocellula con un timer 555 che controlla la luminosità di un indicatore a LED.

Schema del circuito

Questo circuito, come indicato nella pagina seguente, utilizza una fotocellula.
Quella da noi usata è una CL 703L della Clairex, voi potete usarne tranquillamente una anche di differente tipo.

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema e date alimentazione al breadboard.

Passo 2

Osservate prima attentamente la luminosità del LED. Coprite ora la fotocellula in modo da eliminare ogni luce incidente su di essa.
Il LED diventa più luminoso o più buio?

Se i collegamenti sono esatti il LED dovrebbe illuminarsi di più.
Il duty cycle dell'uscita del timer è ora diminuito e il LED rimane quindi acceso per un intervallo più lungo ad ogni ciclo.

Passo 3

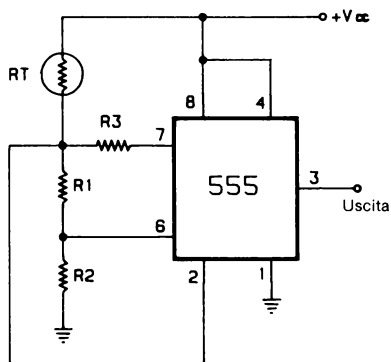
Scoprite di nuovo la fotocellula.
Il LED dovrebbe presentarsi meno brillante poichè è incrementato il duty cycle del timer e il LED rimane acceso per un tempo inferiore al precedente.

La nostra fotocellula ha una resistenza di 1 kΩ in presenta di una illuminazione massima mentre al buio, quando è coperta, ha una resistenza che arriva a 30 kΩ.
Varia quindi il duty cycle dal 16% (circa) al 75% (circa) quando si passa da condizioni di luce piena a condizioni di oscurità totale.

ESPERIMENTO N. 15

Scopo

Questo esperimento dimosta a usare un termistore con un timer 555.

Schema del circuito

Passo 1

Per tale esercitazione necessita di un termistore con un coefficiente di temperatura negativo, un termistore cioè la cui resistenza sia inversamente proporzionale alla temperatura. Inoltre dovrete determinare sperimentalmente come varia la resistenza in funzione della temperatura nel caso questo non vi fosse già noto.
Per esempio, per il termistore T utilizzato si ha

$$R_T\ (k\Omega) = -1{,}931\ (T_C) + 90{,}2$$

in cui T_C è il valore di temperatura in °C. Per temperatura in °F si ha invece:

$$R_T\ (k\Omega) = -1{,}064\ (T_F) + 124{,}4$$

Passo 2

Con questo esperimento riuscirete a distinguere quando un termistore indica una temperatura al di fuori della gamma compresa fra 60 e 110 °F.
Quando è nota la caratteristica del termistore si determina dapprima la sua resistenza a 60 °F (R_{TC}) che in questo caso vale:

$$R_{TC} = (-1{,}064)\ (60) + 124{,}4$$

$$= 60{,}6\ k\Omega$$

Si determina poi la sua resitenza a 110 °F che ancora nel nostro caso vale:

$$R_{TH} = (-1{,}064)\ (110) + 124{,}4$$

$$= 7{,}4\ k\Omega$$

Secondo quanto detto nelle pagine 5-27 e 5-28 troviamo il rapporto

$$\alpha = \frac{R_{TC}}{R_{TH}}$$

ovvero

$$\alpha = \frac{60{,}6\ k\Omega}{7{,}4\ k\Omega}$$

$$\alpha = 8{,}19$$

Poichè nella nostra realizzazione α maggiore di 2, utilizziamo le equazioni 5-17, 5-18 e 5-19 per calcolare R_1, R_2, R_3.

$$R_1 = (0{,}5\ \alpha - 1)\ R_{TH} = 22{,}9\ k\Omega$$

$$R_2 = R_{TC} = 60{,}6\ k\Omega$$

$$R_3 = \frac{(3\ \alpha^2 - 1)\ R_{TH}}{4\ \alpha - 2} = 48{,}2\ k\Omega$$

Senza badare troppo alla precisione abbiamo in realtà usato reistenze da 22 kΩ, 62 kΩ e 47 kΩ che sono valori standard. Nel caso invece che α fosse stato minore di 2 si sarebbero dovuto utilizzare le equazioni da 5-20 a 5-22.

Passo 3

Dopo aver determinato i valori corretti di R_1, R_2, R_3 in base alle caratteristiche del termistore si può passare a effettuare i collegamenti indicati nello schema e dare l'alimentazione.
Momentaneamente mettere a massa il terminale 2.
Il LED dovrebbe essere acceso. Se così non fosse verificate bene i calcoli fatti o i collegamenti.
Quando tutto funziona mettete un fiammifero acceso vicino al termistore per un paio di secondi. Che succede al LED?

Dopo poco tempo il LED dovrebbe spegnersi poichè la temperatura del termistore si è portata oltre i 110 °F e di conseguenza l'uscita del timer è diventata BASSA.

Passo 4

Mettete ora un pezzetto di ghiaccio sul termistore. Che succede al LED?

Il LED dovrebbe rimanere spento ancora per un breve intervallo per poi ritornare ad accendersi. Abbiamo quindi che per temperatura comprese tra 60 °F e 110 °F l'uscita del timer è ALTRA e il LED acceso. Al di fuori di tale intervallo il LED è spento.

Per esercizio potete ripetere questo esperimento per due differenti estremi di temperatura.

ESPERIMENTO N. 16

Scopo

Questo esperimento consente realizzare un semplice misuratore analogico di frequenza (Tachimetro).

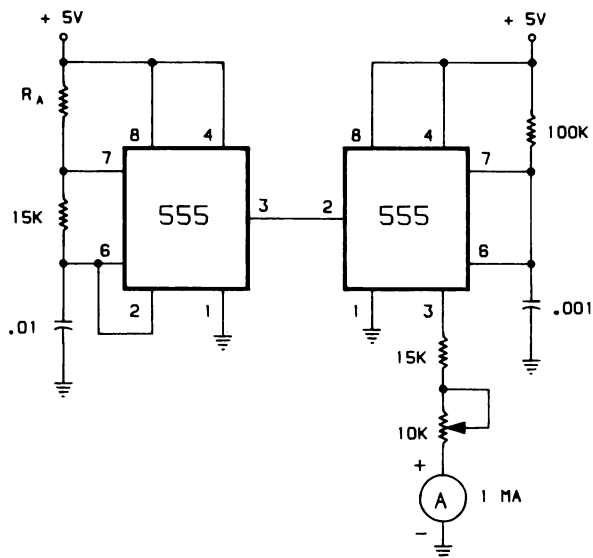
Schema del circuito

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema utilizzando un VOM o un amperometro da 1 mA.
Attenzione in entrambi i casi alla polarità dello strumento: potreste danneggiarlo irreparabilmente!

Passo 2

Mettete per R_a un valore di 100 kΩ.
Il primo timer 555 sarà il generatore d'impulsi per il nostro tachimetro.
Alimentate il breadboard e tarate il potenziometro da 10 kΩ in modo da ottenere una lettura a fondo scala (1 mA).

Poichè la frequenza degli impulsi è di 1 kHz, circa la lettura a fondo scala corrisponderà a circa 1000 Hz.

Passo 3

Sostituendo successivamente a R_a i valori indicati nella tabellina riportata inserite negli spazi liberi i risultati ottenuti in corrispondenza.

R_a	Indicazione dello strumento (mA)
150 kΩ	
330 kΩ	
620 kΩ	
1 MΩ	

All'incirca si dovrebbe leggere 0,8 - 0,4 - 0,2 e 0,15 mA rispettivamente, valori che corrispondono approssimativamente a frequenze d'ingresso di 800, 400, 200 e 150 Hz.

Passo 4

Se siete tanto fortunati da disporre di un multimetro digitale che possa misurare la corrente provatevi a ripetere il passo 3 utilizzandolo.

Quando abbiamo realizzato questo esperimento abbiamo fatto il confronto tra i risultati letti con un multimetro digitale e quelli ottenuti con un contatore di frequenza da due milioni. Il riassunto di questo confronto è riportato di seguito

R_a	f (calcolata)	f (misurata)	corrente misurata
100 kΩ	1,110 Hz	1,017 Hz	1,017 mA
150 kΩ	802 Hz	775 Hz	0,773 mA
330 kΩ	401 Hz	381 Hz	0,376 mA
620 kΩ	222 Hz	202 Hz	0,196 mA
1 MΩ	140 Hz	120 Hz	0,110 mA

Si può vedere come il semplicissimo tachimetro tenga abbastanza bene rispetto al contatore da due milioni.
Le differenze che esistono tra i valori misurati e quelli calcolati sono dovute essenzialmente alle tolleranze dei componenti.

ESPERIMENTO N. 17

Scopo

Questo ultimo esperimento utilizza il 555 per realizzare un semplice gioco "testa o croce"

Schema del circuito

Lo schema di questo circuito è riportato nella pagina seguente.

Passo 1

Realizzate il circuito indicato nello schema e date a un LED il nome "TESTA" e all'altro il nome "CROCE".
Si potrebbero usare in alternativa anche dei LED colorati rosso e verde.

Passo 2

Alimentate il breadboard.
I due LED dovrebbero accendersi e spegnersi alternativamente a bassissima frequenza, se ciò non si verificasse ricontrollate i collegamenti (quelli del 7473 in particolare).

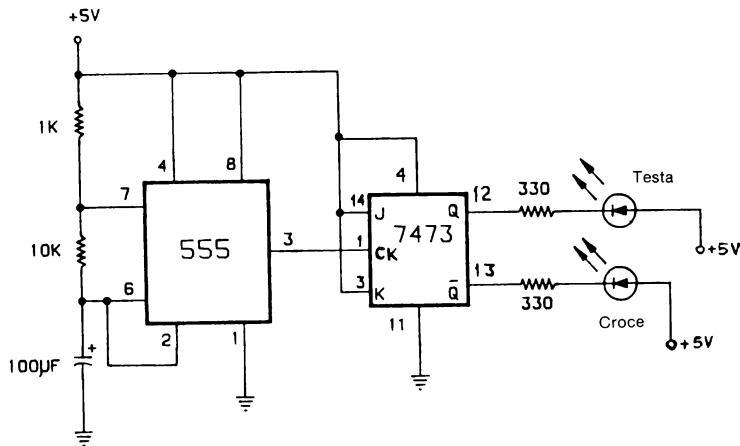
Passo 3

Staccate l'alimentazione e sostituite il condensatore da 100μF con uno da 1μF.
È ancora possibile distinguere il LED acceso da quello spento?

In effetti non dovrebbe; visto che ciascun LED lampeggia ora a intermittenza con una frequenza di 35 volte al secondo, entrambi i dispositivi dovrebbero essere visti accesi ed è quindi impossibile riconoscere quello che è acceso in un certo istante.
Scollegate subito il filo che esce dal piedino 3 del timer. Un solo LED dovrebbe essere ora acceso, quello che era acceso al momento in cui il filo è stato staccato.

Passo 4

Con il filo libero toccate ora per un attimo il piedino 3 del timer.
É acceso ancora il LED di prima?

Ancora a seconda del momento in cui è stato interrotto il collegamento sarà o non sarà acceso lo stesso LED e la probabilità che uno dei due si accenda è uguale per entrambi i dispositivi.
Con un interruttore normalmente aperto è possibile realizzare una versione un po' più semplice del "TESTA o CROCE" senza la necessità di dover ogni volta scollegare il filo (V. fig. 6-1).
In effetti schiacciando il pulsante 300 volte sono state contate 146 "TESTE" e 154 "CROCI".

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

L'elenco che segue riporta gli articoli consultati per la stesura di questo libro ed è suddiviso per argomenti secondo la struttura del libro stesso.

INFORMAZIONI GENERALI

Hnatek, E.R. "Put the IC timer to work in a myriad of ways, "*EDN*, March 5, 1973, p. 54.
Jung W. G. "The IC time machine, "*Popular Electronics,* November, 1973, p. 54.
Jung, W. G. "Applications for the IC time machine," *Popular Electronics, January, 1974, p. 72.*
Robbins, M. S. "Making Noises with the 555 IC timer, "*Popular Electronics,* July, 1974, p. 50.
Sandberg, B. "State diagrams for a 555 timer aid development of new applications", *Electronic Design,* August 16, 1976, p. 100.
Scott, R. F. "555 timer IC applications", *Radio Electronics,* Part I - February, 1976, p. 40; Part II - March, 1976, p. 62; Part III - September, 1976, p. 63. Schopp, W.S., "Versatile IC timer", *Popular Electronics,* July, 1973, p. 98.

CIRCUITI MONOSTABILI

Klinger, A. R. "Integrated timer operates as variable Schmitt trigger", *Electronics,* October 25, 1973, p. 208.
Lalitha, M. K. and P. R. Chetty. "Variable-threshold Schmitt trigger uses 555 timer", *EDN,* September 20, 1976, p. 112.
Lickel, K. "Compensating the 555 timer for capacitance variations," *Electronics* February 6, 1975, p. 96.
Paiva, M. O. "Start a logic in the proper mode when the power is turned on or interrupted", *Electronic Design,* August 16, 1976, p. 98.
Satyanarayana, P. "Switched current source increases IC timer delay", *Electronic Engineering,* October, 1975, p. 21.

CIRCUITI ASTABILI

Althouse, J. "IC timer, stabilized by crystal, can provide subharmonic frequencies", *Electronic Design, November 8,* 1974.
Carter, J. P. "Astable operation of IC timers can be improved", *EDN,* June 20, 1973, p. 83.
Cicchiello, F. N. "IC timer yelds 50% duty cycle", *Electronics,* May 13, 1976, p. 95.
Hilsher, R.W. "Costant period with variable duty cycle obtained from 555 with single control", *Electronic Design,* July 5, 1975, p. 72.
Hofheimer, R. "One extra resistor gives 555 timer 50% duty cycle", *EDN,* March 5, 1974, p. 74.
James, T.W. "Single diode extends duty-cycle range of astable circuit built with timer IC", *Electronic Design,* March 5, 1973, p. 80
Klinger, A. R. "Single part minimizes differences in monostable and astable periods of 555", *Electronic Design,* July 19, 1974, p. 110.
Klinger, A. R. "Getting extra control over output periods of IC timer", *Electronics,* September 19, 1974, p. 112.

Klinger, A. R. "Generator's duty cycle stays constant under load", *Electronics,* November 28, 1974, p. 111.
Robbins, M. S. "IC timer's duty cycle can stretch over 99%", *Electronics,* June 21, 1973, p. 129.

CIRCUITI DI ALIMENTAZIONE

Black, S. L. "555 as switching regulator supplies negative voltage", *Electronics,* June 21, 1973, p. 130.
Bottomley, G. "Automatic charger for nickel-cadmium batteries", *Electronic Engineering,* December, 1975, p. 19.
Chetty, P. R. K. "IC timers control dc-dc converters", *Electronics,* November, 13, 1975, p. 121.
Chetty, P. R. K. "Put a 555 timer in your next switching regulator design", *EDN,* January 5, 1976, p. 72.
Domiciano, P. "Inverter uses ferrite transformer to eliminate cross conduction", *Electronic Design,* October 25, 1975, p. 130; see also "Comment letter", *Electronic Design,* March 1, 1976, p. 7.
Durgavich, T. "Compact dc-dc converter yelds ±15V from +5V", *Electronics,* June 21, 1975, p. 103.
Gartner, T. "IC timer and voltage doubler form dc-dc converter", *Electronics,* August 22, 1974, p. 101.
Graham, g. a. "Low-power dc-dc converter", *Ham Radio,* March, 1975, p. 54.
Johnson, K. R. "High-voltage power supply from 5-V source regulated by timer feedback circuit", *Electronic Design,* April 1, 1975, p. 132.
Kranz, P. "A simple battery charger for gel cells detects full charge and switches to float", *Electronic Design,* July 19, 1976, p. 120.
McGowan, E.J. "IC timer automatically monitors battery voltage", *Electronics,* June 21 1973, p. 130.
Roll, I., M. Stienton, and D. Lucas. "Improvement to automatic NiCd battery charger", *Electronic Engineering,* March, 1976, p. 17.
Solomon, R., and R. Broadway. "DC-to-dc converter uses IC timer", *EDN,* September 5, 1973, p. 87.
Strange, M. "IC timer makes transformerless power converter", *EDN,* December 20, 1973, p. 81.

CIRCUITI DI MISURA

Berlin, H. M. "555 timer tags waverforms in multiple scope display", *Electronics,* April 29, 1976, p. 114.
Blackburn, J. A. "Winking LED notes null for IC-timer resistance bridge", *Electronics,* March 21, 1974, p. 100.
Blair, D. G. "Timer chip becomes meter that detects capacitance changes of 1 part in 10^6", *Electronic Design,* March 1, 1976, p. 70.
DeKold, D. "IC timer converts temperature to frequency", *Electronics,* June 21, 1973, p. 131.
Ellison, J. H. "Universal L, C, R bridge", *Ham Radio,* April, 1976, p. 54.
Graf, C. R. "Audio continuity tester indicates resistance values", *Electronics,* April 1, 1976, p. 104.
Hall, C. "Direct-reading capacitance meter", *Ham Radio,* April, 1975, p. 32.
Herring, L. W. "Timer ICs and LEDs form cable tester", *Electronics,* May 10, 1973, p. 115.

Hinkle, F. E. "Overrange indicator can enhance frequency meter", *Electronics,* April 17, 1975, p. 147.
Horton, R. "555 timer makes simple capacitance meter", *EDN,* November 5, 1973, p. 81.
Klinger, A. R. "Logic probe built with IC timer is compatible with TTL, HTL, and CMOS", *Electronic Design,* June 7, 1976, p. 156.
Mangieri, A.A. "The IC photo tachometer", *Popular Electronics,* August, 1974, p. 54.
Megirian, R. "Digital capacitance meter", *Ham Radio,* February, 1974, p. 20.
Mims, F. M. "LED bargraph readouts", *Popular Electronics,* September, 1976, p. 74.
Pepper, C.S. "Chopping mode improves multiple-trace display", *Electronics,* October 14, 1976, p. 101.
Predescu, J. "Tester built for less than $10 gives GO/NO GO check of timer ICs", *Electronic Design,* May 24, 1974, p. 106.
Tandon, V. B. "Circuit converts single-trace scope to dual-trace display for logic signals", *Electronic Design,* April 12, 1975, p. 80.

GENERATORI DI FUNZIONI

Chicchiello, F. N. "Timer IC stabilizes sawtooth generator", *Electronics,* March 18, 1976, p. 107.
Garland, M. M. "Simple digital waveform synthesizer", *American Journal of Physics,* July, 1976, p. 710.
Gualtieri, D. M. "Triangular waves from 555 have adjustable symmetry", *Electronics,* January 8, 1976, p. 111.
Jung W.G. "A power ramp generator delivers en equally adjustable 1-A Output, *Electronic Design,* March 1, 1976, p. 66.
Jung, W. G. "Build a function generator with a 555 timmer", *EDN,* October 5, 1976, p. 110.
Lloyd, M. A. "Function generator with a wide frequency range", *Electronic Engineering,* March, 1976, p. 23.
McClellan, A. "Current source and 555 timer make linear V-to-F converter", *Electronics,* June 10, 1976, p. 108.
Penttinen, A. "Pulse generator with linearly changing frequency", *Electronic Engineering,* April, 1976, p. 25.
Reiter, T. "Frequency-to-voltage circuit", *Popular Electronics,* August, 1976, p. 75.
Tenny, R. "Linear VCO made from a 555 timer", *Electronic Design,* October 11, 1975, p. 96.

CONTROLLI

Bainter, J. R. "Dual-555 timer circuit restarts microprocessor", *Electronics,* March 18, 1976, p. 106.
Bockstahler, R. W. "Bistable action of 555 varies with manufacturer", *Electronics,* February 19, 1976, p. 131.
Dekold, D. "IC timer plus thermistor can control temperature", *Electronics,* June 21, 1973, p. 128.
Dogra, S. "Operate a 555 timer on a ±15-V supply and deliver op-amp compatible signals", *Electronic Design,* January 18. 1975, p. 76.
Gardner, M. R. "Line drivers made from 555 timers provide inverted or non-inverted outputs", *Electronic Design,* January 19, 1976, p. 86.

Gerek, f. "Potentiometer and timer control up/down counter", *Electronics,* May 13, 1976, p. 94.
Graf, C. R. "Build a light sensitive audio oscillator", *EDN,* August 5, 1976, p. 83
Gregson, P. H., and W. P. Lonc. "Light-operated millisecond timers", *American Journal of Physics,* August, 1976, p. 803.
Heater, J. C. "Monolithic timer makes convenient touch switch", *EDN,* December 1, 1972, p. 55.
Hinkle, F. E., and J. Edrington. "Timer IC and photocell can vary LED brightness", *Electronics,* December 26, 1974, p. 105.
Kraus, K. "Timer IC paces analog divider", *Electronics,* August 5, 1976, p. 112.
Lewis, G. R. "Low-cost temperature controller built with timer circuit", *Electronic Design,* August 16, 1975, p. 82.
Locher, R. "IC Timer gates high-frequency SCR circuit", *EDN,* January 5, 1974.
Locher, R. "IC Timer gates highh-frequency SCR circuit", *EDN,* January 5, 1974.
McDermott, R. M. "Oscilloscope triggered sweep: another job for IC timer", *Electronics,* October 11, 1973, p. 125.
Mims, F. M. "TTL sequence generator", *Popular Electronics,* February, 1976, p. 101.
Murugesan, S. "Create a versatile logic family with 555 timers", *EDN,* September 5, 1976, p. 108.
Pate, J. G. "IC timer can function a low-cost line receiver", *Electronics,* June 21, 1973, p. 132.
Potton, A. "Low-cost shaft speed monitor", *Electronic Engineering,* July 1973, p. 49.
Reiter, T. "Light-controlled switch", *Popular Electronics,* March, 1976, p. 82.
Sarpangal, S. "IC timer drives electric fuel pump", *Electronics,* November 25, 1976, p. 131.
Schlitt, G. "Monolithic timer generates 2-phase clock pulses", *EDN,* August 1, 1972, p. 57.
Schulein, J. M. "Microprocessor converts pot position to digits", *Electronics,* March 4, 1976, p. 123.
Srinivasan, M. P. "Special-purpose pulse-width modulator produces an output of same polarity as input", *Electronic Design,* September 27, 1976, p. 100.
Wellington, K. J. "Continuous monitor for seven-segment displays", *Electronics,* April 18, 1974, p. 118.

AUTOMOBILE E CASA

Andre, R. "Low-cost stormacaster", *Popular Electronics,* August, 1974, p. 94.
Baxes, G. "Digital fuel gauge", *Popular Electronics,* December, 1976, p. 59.
Fox, T. R. "Measure the wind", *Electronics Hobbyist,* Spring/Summer, 1976, p. 31.
Fusar, T. J. "IC timer mattes economical automobile voltage regulator", *Electronics,* February 21, 1974, p. 100.
Galluzzi, P. "Circuit provides auto-wiper cycling, with one to 20 seconds between sweeps", *Electronic Design,* December 20, 1974, p. 108.
Garner, L. "Solid State", *Popular Electronics,* May, 1974, p. 82.
Harvey, M. L. "Pair of IC timers sounds auto burglar alarm", *Electronics,* June 21, 1973, p. 131.
Hilker, M.D. "Build a digital marine/auto tachometer", *Popular Electronics,* June, 1975, p. 40.

Kellem, C.S. "Slow-sweep wiper control", *Pupular Electronics,* April, 1975, p. 68.
Lewart, C. R. "Mobile gas alarm", *Elementary Electronics,* November/December, 1974, p. 31.
Llioyd, R.V. "Severe weather warning alerter", *Popular Electronics,* May 1976, p. 44.
Lo, C. C. "CD ignition system provides low engine emissions", *EDN,* May 20, 1976, p. 94.
McVeigh, J. "Windshield wiper delay", *Popular Electronics,* November, 1976, p. 32.
Morgan, L. G. "Electronic ignition system uses standard components, *Electronic Design,* November 22, 1974, p. 198.
Redmile, B. D. "Tail-biting one-shot keeps car-door light on", *Electronics,* July 8, 1976, p. 92.
Williamson, T. A. "Alternately flashing taillights", *Popular Electronics,* March, 1975, p. 42.
Wyland, J., and E. R. Hnatek. "Unconventional uses for IC timers", *Electronic Design,* June 7, 1973, p. 84.

GIOCHI

Davies, J. R. "Personal timing tester", *Popular Electronics,* December, 1975, p. 77.
Frostholm, R. C., and R. Lundegard. "Tug-of-war", *Popular Electronics,* February, 1975, p. 43.
Nordquist, U. "Electronic coin-flipper", *Popular Electronics,* November, 1976, p. 91.
Pyska, M. "Random 4-digit number generator", *Popular Electronics,* September, 1976, p. 100.

CIRCUITI PER TELEFONO

Black, S. L. "Get square-wave tone bursts with a single timer IC, *Electronic Design,* September 1, 1973, p. 148.
Dugan, K. "Making music with IC timers", *Electronics,* April 18, 1974, p. 106.
Dugan, K. "Ringer enables telephone to play simple tune", *Electronics,* May 15, 1975, p. 115.
Herring, L. W. "Generating tone bursts with only two IC timers", *Electronics,* May 30, 1974, p. 107.
Kraengel, W. D. "Optically coupled ringer doesn't load phone line", *Electronics,* February 20, 1975, p. 92.

RADIOAMATORI E CB

Berlin, H. M. "A transceiver actuated time-out warning indicator for fm repeater users", *Ham Radio,* June, 1976, p. 62.
Blakeslee, D. "Time - IC controlled", *QST,* June, 1972, p. 37.
Buswell, J. "Simple integrated-circuit electronic keyers", *Ham Radio,* March, 1973, p. 38.
Conklin, B. "Identification timer", *Ham Radio,* November, 1974, p. 60
Klinert, C. "Repeater keying line control", *13,* February, 1973, p. 60
McVeigh, J. J. "Build the five-minute 'on' one-minute 'off' timer", *Popular Electronics,* April, 1976, p. 60.

Vancura, W. J. "A simple electronic keyer for sending morse code", *Popular Electronics,* August, 1976, p. 44.
Vordenbaum, H. "Automatic reset timer", *Ham Radio,* October, 1974, p. 50.
Wooten, W. L. "A code practice oscillator for the beginner", *QST,* November, 1972, p. 38

FOTOGRAFIA

Giannelli, J. "Automatic photo enlarger controller", *Popular Electronics,* April, 1974, p. 51.
Mangieri, A. A. "Photo timer", *Electronics Hobbyist,* Spring/Summer, 1976, p. 67.
Marchant, R. "IC photo development timer", *Popular Electronics,* October, 1973, p. 70.

L'AUTORE

HOWARD M. BERLIN è un ingegnere elettronico del Dipartimento dell'Esercito dell'Arsenale di Edgewood, Aberdeen Proving Ground, Maryland ed è anche istruttore aggiunto del Dipartimento di Ingegneria Elettrica all'Università di Delaware.
La sua esperienza è principalmente nel settore della ricerca biomedica ingegneristica e nella strumentazione fisiologica. Ha tenuto parecchi corsi presso l'Arsenale di Edgewood e l'Università di Delaware.
È stato autore di rapporti per il governo americano e di articoli apparsi in parecchie riviste scientifiche e in riviste per appassionati di elettronica. È attualmente membro del Sigma Xi Institute of Electrical and Electronic Engineers, l'Associazione per il progresso nella Strumentazione Medicale, e dell'Accademia di Medicina di Delaware. Come radioamatore può essere chiamato con la sigla K3NEZ.

L. 8.600
(8.113)

Edizione italiana del
the 555 Timer Applications
Sourcebook, with Esperiments
della E & L Instruments, Inc.

5 il TIMER 555
FUNZIONAMENTO
APPLICAZIONI
ED ESPERIMENTI
HOWARD
M. BERLIN
JACKSON
ITALIANA
EDITRICE
JACKSON